ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 4 FÉVRIER 1935.

PRÉSIDENCE DE M. P.-A. DANGEARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Après le dépouillement de la Correspondance, M. le **Président** s'exprime en ces termes :

Mes chers Confrères,

J'ai la triste mission de vous annoncer la mort du professeur **Charles Flahault**, survenue le 3 février à Montpellier.

Le célèbre botaniste français était né à Bailleul (Nord) en 1852; il était devenu l'un de nos Membres non résidants en 1918.

La nouvelle de son décès, qui vient seulement de me parvenir, ne m'aurait pas permis de retracer aujourd'hui les principales étapes de sa belle carrière scientifique, si je n'avais été amené par les circonstances à suivre de très près cette carrière presque depuis ses débuts : ce sont donc, pour une part, des souvenirs personnels que je me propose d'évoquer devant vous.

Ce fut Decaisne qui, au Muséum, reconnaissant les aptitudes particulières de Flahault et sa grande intelligence, lui donna avec dévoûment des leçons particulières et ensuite lui fit un devoir de quitter l'emploi subalterne qu'il occupait dans son service pour se consacrer à de plus hautes études.

Notre jeune naturaliste fut amené ainsi à travailler dans le laboratoire de Van Tieghem : celui-ci, à ce moment, s'occupait d'anatomie végétale qui était alors en grand honneur. L'élève devait donc tout naturellement porter ses premiers efforts du côté de l'anatomie, et là il montra ses grandes qualités d'observateur habile et consciencieux.

L'étude anatomique de près de 350 espèces de Phanérogames sur le mode d'accroissement de la racine permit à Flahault de reconnaître que cet

organe de la plante possède un développement différent, selon qu'il s'agit de Dicotylédones ou de Monocotylédones : les résultats de ce premier travail devinrent rapidement classiques et ils le sont restés.

Mais Flahault rêvait d'étendre son champ d'action à d'autres domaines : la physiologie le tenta un instant. A la suite d'observations faites en Scandinavie avec Gaston Bonnier, il entreprend des expériences qui lui permettent d'établir que l'accroissement exceptionnel des feuilles sous les latitudes boréales est dû à la durée de l'éclairement en ces régions pendant la saison utile, et il montre que la coloration des fleurs est en rapport étroit avec l'assimilation ou la présence de réserves nutritives.

Nous retrouvons un peu plus tard notre infatigable savant en relation avec l'illustre algologue Édouard Bornet : douze années d'étroite collaboration conduisent les deux auteurs à une révision complète des Algues bleues et particulièrement des Algues Nostocaccées : ils mettent de l'ordre là où tout n'était qu'erreur et confusion et le Mémoire qui fut publié à cette époque est resté le point de départ solide, la base même de tous les travaux qui ont été publiés ultérieurement sur ce groupe d'organismes.

J'ai connu personnellement ce milieu où, autour de Bornet, travaillaient Guignard, Flahault, Gomont, Fr. Hy et notre confrère le professeur Sauvageau de Bordeaux : j'y occupais alors une place modeste parmi tous ces collaborateurs d'élite; mais il me sera permis de dire que nous partagions tous les sentiments de Flahault qui a écrit quelque part, qu'il gardait à la mémoire de Bornet « une gratitude et une affection filiales ».

La nomination de Charles Flahault à la chaire de Botanique de l'Université de Montpellier allait encore une fois changer l'orientation d'une carrière déjà si remplie en découvertes importantes.

Le nouveau professeur va maintenant tourner la plus grande partie de son activité du côté de la Géographie botanique. Nous le voyons, avec ses nombreux élèves, herboriser dans toute la région méditerranéenne pour en faire connaître la flore en détail et c'est avec la maîtrise que lui donne une connaissance approfondie de cette flore qu'il va aborder les difficiles problèmes de la phytogéographie. Il nous fera connaître ce que représentent, les diverses zones de végétation en prenant comme exemple la zone de l'Olivier; il énoncera les règles qui président à la distribution générale des plantes : il nous fera comprendre la nature et la valeur des associations. Les principes qu'il a posés en cette matière donneront lieu à d'innombrables travaux, aussi n'est-on pas surpris de voir, en plusieurs Congrès internationaux, Charles Flahault jouer un rôle considérable dans les discussions rela-

tives à la Géographie botanique et présider les Commissions chargées d'établir les lois de la nomenclature.

La question si importante du reboisement a été aussi l'objet de nombreux Mémoires de la part de notre confrère : de fréquentes missions lui ont été confiées qu'il a remplies avec sa compétence habituelle; il avait organisé lui-même sur le mont Aigoual des champs d'expériences à diverses altitudes et tout au sommet; il avait créé, en partie avec ses deniers personnels, un laboratoire qui était devenu un centre de recherches où se rencontraient savants français et savants de tous les pays.

Lorsqu'il fut question, après la guerre, de réorganiser la Faculté des Sciences de Strasbourg, c'est à Flahault que l'on s'adressa : il occupa ainsi pendant quelque temps, comme professeur, la chaire de Botanique de cette ville, et c'est à ce titre qu'il désigna, au Ministre d'alors, les jeunes botanistes qui auraient l'honneur d'enseigner dans la Faculté redevenue française.

La science botanique française vient de faire une perte irréparable en la personne de notre confrère Charles Flahault : sa vie toute d'activité et de devoir a fourni un labeur immense : il nous laissera le souvenir d'un de ces hommes qui, par leurs belles découvertes et l'élévation de leur caractère, contribuent à faire apprécier et aimer notre pays.

Nous prions sa famille de vouloir bien agréer les sincères condoléances de l'Académie : celle-ci conservera précieusement le souvenir du confrère qui disparaît après avoir donné autour de lui l'exemple des plus hautes vertus chrétiennes.

M. le **Président** annonce à l'Académie le décès de M. **Theobald Smith**, Directeur de l'Institut Rockefeller (Médecine), Correspondant de l'Académie pour la Section d'Économie rurale, survenue le 10 décembre 1934.

La séance publique est levée en signe de deuil.

M. **Georges Perrier** dépose sur le bureau une brochure intitulée *Commémoration du centenaire de la mort de* Joseph-Nicéphore Niépce, *Inventeur de la Photographie. Manifestations organisées à Chalon-sur-Saône en juin* 1933.

M. **Emm. de Margerie** fait hommage à l'Académie d'une brochure intitulée *La méthode des courbes structurales et la tectonique du Colorado.*

CORRESPONDANCE.

M. **Edmond Guillermet** adresse des remercîments pour la subvention qui lui a été accordée sur la *Fondation Loutreuil.*

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° 1909-1934. *L'Université de Bruxelles*. I. (Hommage de l'Université libre de Bruxelles.)

2° *Leçons d'Analyse vectorielle*. Deuxième partie. *Application de l'Analyse vectorielle. Introduction à la Physique mathématique*, par Gustave Juvet. (Présenté par M. E. Cartan.)

GÉOMÉTRIE. — *Sur les courbes dans les espaces euclidiens à n dimensions dont les courbures sont liées par des relations linéaires à coefficients constants*. Note [1] de M. **B. Havelka**, présentée par M. Élie Cartan.

Les courbes en question rappellent par leurs propriétés celles de Bertrand dans l'espace ordinaire. Le cas le plus simple est celui de $n-1$ relations non homogènes; c'est le cas des hypercirconférences, si n est un nombre pair, et des hyperhélices, si n est un nombre impair [2]. Si les relations en question sont homogènes et en nombre $n-2$, on a les hypercirconférences et hyperhélices généralisées [3].

1. En un point P quelconque d'une courbe C, nous appelons espace normal l'espace déterminé par les normales d'indices impairs. S'il existe dans l'espace une autre courbe C′ et une correspondance biunivoque ponctuelle entre C et C′ telle que, aux points correspondants P, P′ de C et C′, les espaces normaux de C et C′ se confondent, ces courbes ont les propriétés suivantes [4] : 1° La distance des points correspondants P, P′ est

---

[1] Séance du 28 janvier 1935.

[2] Voir O. Borůvka, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 633; M. Sypták, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 298.

[3] M. Sypták, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1665.

[4] Pour $n=4$, voir D. Perepelkine, *Bull. Sci. math.*, 2e série, 58, 1934, p. 307-317.

constante; 2° la droite $\overline{PP'}$ forme avec les normales d'indices impairs de chacune des deux courbes des angles constants; 3° la tangente et les normales d'indices pairs (les normales d'indices impairs) d'une quelconque des deux courbes forment des angles constants avec la tangente et les normales d'indices pairs (avec les normales d'indices impairs) de l'autre courbe; 4° il existe entre les courbures de l'une et de l'autre courbe $n-2$ relations linéaires non homogènes à coefficients constants; 5° si n est impair et que a_{n-1} (a'_{n-1}) signifie la dernière courbure de C(C'), on a $a_{n-1}\,a'_{n-1}=\text{const.}$

2. On peut définir les courbes dans l'espace euclidien à n dimensions dont les courbures scalaires sont liées par $n-2$ relations linéaires indépendantes à coefficients constants par un système de Pfaff S qui est [1] : 1° le prolongement du système S' (système dérivé de S), si les relations ne sont pas homogènes; 2° spécial, si les relations sont homogènes; 3° le prolongement du système S'', s'il définit les courbes pour lesquelles la 2e, 3e, ... $(n-1)^{\text{ième}}$ courbure est constante.

3. Si l'on peut associer à une courbe C de l'espace une autre courbe C' et établir entre C et C' une correspondance ponctuelle biunivoque telle que les espaces normaux de C et C', aux points correspondants, soient parallèles et que les éléments d'arc soient égaux, les courbures d'une courbe sont des fonctions linéaires des courbures de l'autre; si les courbures d'une des deux courbes sont liées par $p(\leq n-1)$ relations linéaires indépendantes à coefficients constants, les courbures de l'autre le sont aussi. En particulier, si les $p(\leq n-1)$ courbures d'une courbe sont des constantes non nulles, les courbures de l'autre sont liées entre elles par p relations linéaires non homogènes.

4. Supposons les p relations linéaires entre les courbures d'une courbe C de la forme

$$a_i = f_i(s) \qquad (i=1, 2, \ldots, n-p-1),$$

$$a_k = \sum_{j=1}^{n-p-1} c_{kj} f_j(s) + c_k \qquad (k=n-p,\, n-p+1, \ldots, n-1),$$

les c étant des constantes. 1° On peut définir C encore par un système de Pfaff contenant $\binom{n}{2}+p$ équations indépendantes à $\binom{n+1}{2}$ variables. 2° Soit F le n-èdre rectangle formé par la tangente et les différentes normales d'une courbe C en un point P quelconque de C. Soit R_v un espace

(1) Pour $n=3$, voir E. Cartan, *Bull. Soc. math. de France*, 42, 1914, p. 12-48.

linéaire à $\nu(\leq n-1)$ dimensions invariablement lié à F; s'il existe un mouvement de F le long de C tel que l'espace R_ν soit constamment orthogonal aux trajectoires décrites par ses points, il y a $\binom{\nu+1}{2}$ relations indépendantes à coefficients constants entre les courbures de la courbe C. Pour $\nu=1$ nous avons le théorème réciproque suivant : *Si les courbures* a_i $(i=1, 2, \ldots, n-1)$, *d'une courbe* C *sont liées entre elles par la relation linéaire* $\sum_{i=1}^{n-1} m_i a_i = 1$, *les quantités* m_i *étant des constantes, il existe un mouvement de* F *le long de* C *tel que toute droite qui coupe les* $n-1$ *espaces linéaires* R_{n-2} *à* $n-2$ *dimensions*

$$m_{i+1}x_i + m_i x_{i+2} = 0, \qquad x_{i+1} = 0 \qquad (i = 0, 1, 2, \ldots, n-2), \qquad x_0 = -m_0,$$

les x signifiant les coordonnées par rapport à F, soit orthogonale aux trajectoires décrites par ses points ([1]). 3° Soient $C_1, C_2, \ldots, C_{n-1}$ des courbes telles que la $i^{\text{ème}}$ courbure de C_i $(i=1, 2, \ldots, n-1)$ soit constante et supposons que ces courbes soient parallèles. Alors le centre de gravité de la configuration formée par $n-1$ points correspondants décrit une courbe pour laquelle il existe une relation linéaire entre les courbures à coefficients constants. Ce résultat généralise un théorème de M. Salkowski ([2]).

GÉOMÉTRIE. — *Conditions à imposer à un espace physique et généralisation de la définition du nombre de dimensions de Poincaré.* Note de M. **Jean-Louis Destouches**, présentée par M. Louis de Broglie.

1. Si nous voulons à l'espace euclidien substituer comme espace physique un autre espace en accord avec les notions atomiques, il faut que les conditions imposées par l'expérience et nos sens soient satisfaites. Or ce que l'expérience permet d'atteindre est non le point, mais une petite région, c'est-à-dire un ensemble que nous appellerons « cellule expérimentale ».

Pour qu'un espace (A) puisse être adopté, il devra nécessairement, nous semble-t-il, répondre aux conditions suivantes :

([1]) Pour $n=3$, voir Pirondini, *Nouv. Ann. de Math.*, III, 9, 1890, p. 297-317.

([2]) Voir par exemple, V. et K. Kommerell, *Allg. Theorie der Raumkurven und Flächen*, I Bd, p. 40 (Sammlung Schubert, XXIX, Berlin, 1921).

1° *Il existe une famille $\mathcal{F}$ d'ensembles connexes de l'espace* (A) *appelés « cellules expérimentales » qui correspondent à des observations.*

2° *Tout point de* (A) *appartient au moins à une cellule.*

3° *Deux cellules distinctes,* E_1 *et* E_2 *peuvent ou non être distinguées expérimentalement, ce que nous noterons dans le second cas* $E_1 \| E_2 \neq 0$ *et nous dirons qu'elles sont « voisinées ».*

4° *Tout point de* $\overline{E} - E$ *appartient à au moins une cellule voisinée de* E.

5° Si $\overline{E}_1 E_2 + \overline{E}_2 E_1 \neq 0$, alors $E_1 \| E_2 = 0$.

L'opération $\|$ permet de considérer la famille $\mathcal{F}$ comme un espace semi-linfieldien en adoptant pour premier voisinage d'une cellule E l'ensemble des cellules qui lui sont voisinées.

6° *Cet espace semi-linfieldien est un continu (c'est-à-dire connexe et fermé) topologiquement homogène.*

Étant donné que l'expérience permet d'atteindre seulement des cellules, elle ne fixe pas la topologie de l'espace physique : les seules conditions imposées sont des conditions entre ensembles qui laissent un large degré d'arbitraire à la fermeture. Elles nous conduisent à envisager des classes d'éléments où il n'est pas fixé de topologie, mais où une famille d'ensembles constitue un espace abstrait : nous appellerons une telle classe un *quasi-espace.*

2. Henri Poincaré a donné une définition par récurrence du nombre de dimensions d'un espace ayant la puissance du continu basée sur la notion de coupure et il a insisté sur le fait que sa définition s'appliquait à un continu physique. Il faut que nous généralisions cette définition pour la rendre applicable à tout espace qu'on voudrait adopter comme espace physique de façon à lui imposer trois dimensions. Il nous semble qu'on peut adopter comme définition :

Un ensemble E sera dit *à n dimensions par rapport à une famille $\mathcal{C}$ de courbes si :*

a. Quels que soient les points a et b de E *il existe au moins un arc* C_{ab} *d'une courbe* C *de la famille $\mathcal{C}$ tel que*

$$C_{ab} \subseteq C \subseteq E, \qquad a \in C_{ab}, \qquad b \in C_{ab}. \tag{1}$$

b. Pour tout ensemble E_{n-1} *à* $n-1$ *dimensions par rapport à $\mathcal{C}$ contenu dans* E *il existe des points a et b de* E *tels que tout arc* C_{ab} *satisfaisant à* (1) *possède au moins un point en commun avec* E_{n-1}. *Les ensembles à* 1 *dimensions par rapport à $\mathcal{C}$ sont par définition les éléments de la famille $\mathcal{C}$.*

Appelons *arc-ensemble discret d'un quasi-espace semi-linfieldien une suite*

de n cellules E_1, E_2, ..., E_n *telle que chacune soit voisinée à celle qui la précède et non à celles qui viennent avant*, et *courbe-ensemble* un arc ensemble illimité ou fermé (au sens de courbe fermée et non ensemble fermé), *on voit que la définition de la dimension par rapport à* $\mathcal{C}$ *s'applique en prenant pour* $\mathcal{C}$ *la famille de toutes les courbes-ensembles.*

Dans un espace linfieldien, la famille $\mathcal{C}$ sera l'ensemble des courbes discrètes. Il est facile de voir que *si un espace linfieldien topologiquement homogène à n dimensions au sens de Linfield* (notion locale) *il a n dimensions par rapport à* $\mathcal{C}$ *et réciproquement.*

3. Pour établir une condition sur le nombre de dimensions d'un espace physique, il faut rapprocher le nombre de dimensions d'un espace de celui du quasi-espace semi-linfieldien qui lui est associé au moyen des cellules. Si nous ajoutons aux conditions déjà admises :

7° *Tout arc-ensemble contient au moins un arc de l'espace et tout élément* A *de l'arc-ensemble a au moins un point a en commun avec cet arc.* Cette condition permet de démontrer que *toute famille* $\mathcal{E}_n$ *à n-dimensions au sens du quasi-espace contient une multiplicité* E_n *à n-dimensions.* En faisant correspondre à tout ensemble A de $\mathcal{E}_n$ l'ensemble $A.E_n = a$ et en convenant qu'à $(A \| B)$ correspond deux éléments conjugués $(a \| b)$, on définit une famille $\mathcal{E}_n^\times$ dont la réunion est E_n. Donc, *à toute famille* $\mathcal{E}_n^\times$ *dont les éléments appartiennent à une multiplicité à n dimensions.*

Soit une courbe C. Tout point a de C appartient à au moins une cellule E. Soit $\mathcal{F}_C$ l'ensemble de ces cellules. Si nous admettons la condition :

8° *L'ensemble* $\mathcal{F}_C$ *contient au moins un arc-ensemble* $\mathcal{A}$ *qui contient* C, on peut démontrer qu'*à toute multiplicité à n dimensions* E_n *on peut associer une famille* $\mathcal{F}_{E_n}$ *qui contient une famille* $\mathcal{E}_n$ *à n dimensions au sens du quasi-espace et dont la réunion est* E_n.

Grâce à ces correspondances, les conditions 7° et 8° permettent d'imposer à l'espace choisi comme espace physique cette dernière condition :

9° *Son nombre de dimensions défini à la manière de Poincaré est égal à celui du quasi-espace semi-infieldien constitué par les cellules soit* 3, comme le montrent nos sens et l'expérience.

4. Finalement, nous ne pouvons adopter comme espace physique (A) qu'un espace satisfaisant aux neuf conditions énoncées. Pour le définir, il faut donc fixer : a, la classe des éléments A; b, la fermeture $\mathcal{F}$ qui définit la topologie de l'espace (A); c, la famille des cellules; d, la condition de

voisinage de deux cellules; e, la famille $\mathcal{C}$ des courbes; f, enfin vérifier que les conditions 1° à 9° sont remplies.

En prenant pour espace (A) l'espace ($\mathfrak{C}$) que nous avons défini [1], pour cellules les $m^{\text{ièmes}}$ voisinages d'un point, pour voisinées deux cellules ayant des points communs, comme courbes les courbes discrètes, on vérifie comme pour l'espace euclidien (R_3) que les conditions 1° à 9° sont remplies : il peut donc être adopté pour espace physique.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Calcul d'une solution périodique dans le mouvement de Pluton troublé par Neptune.* Note [2] de M. **Henri Roure**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Nous avons appliqué à l'étude du mouvement de Pluton troublé par Neptune la méthode, modifiée par Andoyer [3], que Hill a utilisée dans ses recherches sur la Lune.

Nous avons employé le système habituel de coordonnées rectangulaires, le plan des XY étant l'écliptique. Soient des axes rectangulaires de même axe SZ, tournant autour de cet axe d'un angle égal à la longitude moyenne N de Neptune. Appelons x', y', z', (U) les coordonnées de Pluton dans ce dernier système et la fonction des forces relative à Neptune. La théorie des mouvements relatifs nous permet d'écrire le système :

$$(1)\qquad \begin{cases} \dfrac{d^2x'}{dt^2} - 2n\dfrac{dy'}{dt} - n^2x' = \dfrac{\partial U}{\partial x'}, \\ \dfrac{d^2y'}{dt^2} + 2n\dfrac{dx'}{dt} - n^2y' = \dfrac{\partial U}{\partial y'}, \\ \dfrac{d^2z'}{dt^2} = \dfrac{\partial U}{\partial z'}, \end{cases}$$

n est le moyen mouvement de Neptune.

Effectuons maintenant la transformation définie par

$$(2)\qquad a'u' = x' + iy', \qquad a's' = x' - iy', \qquad a'\chi' = iz',$$

a' différant peu de la moyenne distance de Pluton au Soleil et devant être

---

(1) *Comptes rendus*, **200**, 1935, p. 192.
(2) Séance du 28 janvier 1935.
(3) *Cours de Mécanique céleste*, II, p. 136 et suiv.

déterminée au cours du calcul. Appelons N', n', l'_0, l_0 la longitude moyenne, le moyen mouvement, la longitude de l'époque de Pluton et celle de Neptune, on sait que

$$N' = n't + l'_0, \qquad N = nt + l_0.$$

Prenons pour variable $T = i'(n' - n)$; posons $\mu = n/(n' - n)$, introduisons une grandeur K' analogue à a', définie par

$$K'(n' - n)^2 a'^3 = f(1 + m') \qquad (m', \text{ masse de Pluton});$$

rappelons enfin que $n^2 a^3 = f(1 + m)$, m étant la masse de Neptune et faisons

$$\mu'^2 = \mu^2 \frac{m}{1+m}.$$

Développons la fonction des forces U suivant les puissances du rapport r'/r des rayons vecteurs et introduisons la longitude v de Neptune définie par

$$v = N + \frac{\lambda}{i'};$$

nous obtiendrons finalement pour U l'expression

$$\frac{U}{(n' - n)^2 a'^2} = K'\left(\frac{a'}{r'}\right) + \frac{1}{4}\mu'^2(u's' - 2\chi'^2) + \frac{3}{8}\mu'^2(u'^2 + s'^2) + \Phi,$$

Φ contenant les termes qui dépendent explicitement de a/r et de λ.

La transformation (2) étant effectuée dans (1), compte tenu de la valeur trouvée pour U, nous obtenons le système :

$$(3) \quad \begin{cases} \dfrac{d^2 u'}{dT^2} + 2\mu \dfrac{du'}{dT} + (\mu^2 - \mu'^2) u' + \dfrac{3}{2}\mu'^2(u' + s') - K'\left(\dfrac{a'}{r'}\right)^3 u' + 2\dfrac{\partial \Phi}{\partial s'} = 0, \\ \dfrac{d^2 s'}{dT^2} - 2\mu \dfrac{ds'}{dT} + (\mu^2 - \mu'^2) s' + \dfrac{3}{2}\mu'^2(u' + s') - K'\left(\dfrac{a'}{r'}\right)^3 s' + 2\dfrac{\partial \Phi}{\partial u'} = 0, \\ \dfrac{d^2 \chi'}{dT^2} - \mu'^2 \chi' - K'\left(\dfrac{a'}{r'}\right)^3 \chi' - \dfrac{\partial \Phi}{\partial \chi'} = 0, \end{cases}$$

auquel il faut joindre l'intégrale analogue à celle de Jacobi, obtenue par combinaison des équations (3) et intégration,

$$\frac{du'}{dT}\cdot\frac{ds'}{dT} - \left(\frac{d\chi'}{dT}\right)^2 + (\mu^2 - \mu'^2)(u's') + \frac{3}{4}\mu'^2(u' + s')^2 + \mu'^2\chi'^2 + 2K'\left(\frac{a'}{r'}\right) + 2\Phi - 2\mu\int \frac{\partial \Phi}{\partial (iN)}\, dT = C.$$

Dans ce qui suit nous négligerons Φ et la dernière équation (3). Nous

poserons

$$u' = \theta' p', \qquad s' = \theta'^{-1} q', \qquad \theta' = e^{i(N'-N)} = e^{T},$$

p', q' étant des séries en μ'^2, dont les coefficients sont des polynomes homogènes en θ' et θ'^{-1} ($p' = q' = 1$ correspondent à une orbite circulaire de Pluton). En substituant dans (3) et faisant les identifications nécessaires, nous obtenons pour p', q', puis pour u', s' et x', y' des séries en μ'^2. Sous forme réelle, on aura

$$x' = A'_1 \cos(N' - N) + A'_3 \cos 3(N' - N) + A'_5 \cos 5(N' - N) + \ldots,$$
$$y' = B'_1 \sin(N' - N) + B'_3 \sin 3(N' - N) + B'_5 \sin 5(N' - N) + \ldots,$$

les coefficients A'_j, B'_j étant fonction des p', q'. On remarquera que ces séries *sont périodiques*, de période $2\pi/(n' - n)$. C'est la solution annoncée.

Nous aurons une idée de la grandeur des coefficients en prenant pour Neptune les nombres donnés par la *Connaissance des Temps* et pour Pluton ceux donnés par le Docteur Zagar [1]. En donnant les logarithmes des nombres, nous obtenons

$$x' = [1,596580] \cos(N' - N) + [\bar{1},385245-] \cos 3(N' - N) + [\bar{3},328162-] \cos 5(N' - N) + \ldots$$
$$y' = [1,598359] \sin(N' - N) + [\bar{1},386003-] \sin 3(N' - N) + [\bar{3},323180-] \sin 5(N' - N) + \ldots$$

On remarquera la décroissance rapide des coefficients.

Cette solution peut dès lors être utilisée comme point de départ d'une étude plus complète.

PHYSIQUE. — *Microcathétomètre à liquide.*

Note de M. F. **Tesson**, présentée par M. Cotton.

Nous avons réalisé pour l'étude des propriétés mécaniques des pellicules de peinture et vernis un dispositif simple permettant de mesurer avec précision des allongements et des retraits de films fragiles.

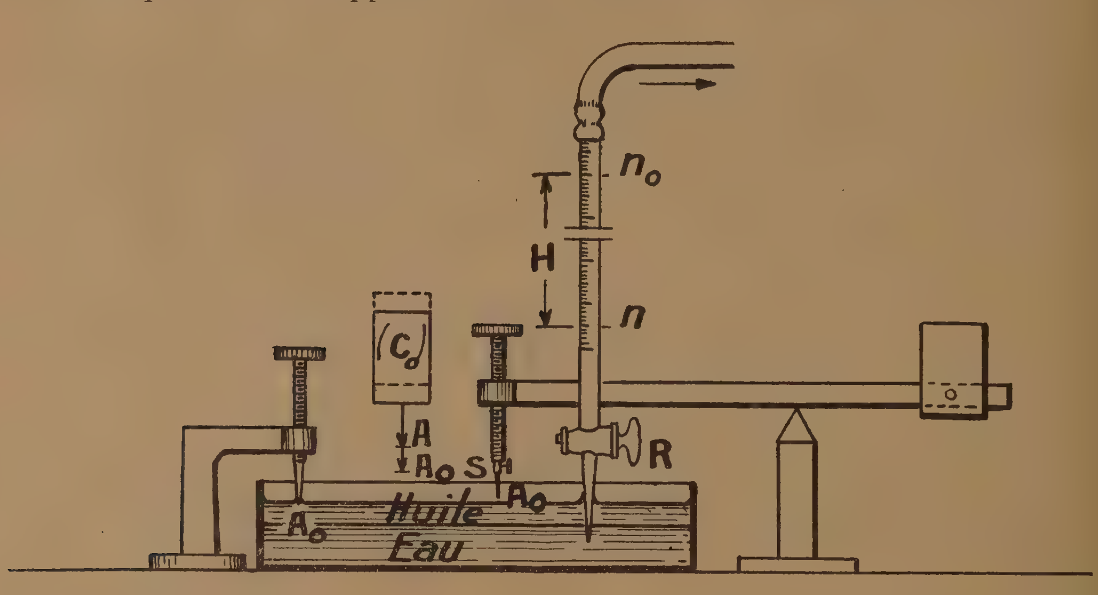
Le principe de la méthode à laquelle nous nous sommes arrêté peut s'appliquer à divers montages et fournit une solution au problème général de la détermination des déplacements d'un corps animé de petits mouvements de translation.

---

[1] *Circulaire de Copenhague* n° 305, 22 novembre 1930.

Principe. — Supposons qu'il s'agisse de mesurer une distance verticale entre deux pointes A_0 et A. On dispose d'une nappe d'huile horizontale S qui peut se mouvoir verticalement de bas en haut et venir successivement au contact des deux pointes. Au moment où le plan d'huile atteint A_0, il se produit autour de l'extrémité de la pointe de l'aiguille une ascension du liquide très facile à observer. La grande précision avec laquelle se détermine l'instant du contact permet de mesurer la dénivellation correspondant aux deux positions de la nappe avec une erreur de l'ordre de grandeur du micron.

Description. — L'appareil a été réalisé avec la collaboration de



M. Laporte, à qui est dû notamment l'interposition d'une masse d'eau servant à mesurer les variations de volume (l'huile n'intervenant plus que par ses propriétés capillaires). Il comporte les caractéristiques suivantes :

Une microburette graduée est placée au-dessus d'un vase cylindrique à moitié rempli d'eau, la pointe d'écoulement de la burette plongeant à l'intérieur du vase ; la surface de l'eau est recouverte d'une mince couche d'huile et l'orifice de remplissage de la burette est relié à un système aspirateur quelconque. Avec ce dispositif, le jeu du robinet R permet à l'opérateur d'obtenir des dénivellations du liquide dans la burette, et d'imprimer ainsi à la nappe S des mouvements de translation verticaux.

Mesure des dénivellations. — La mesure cherchée de la distance verticale entre deux pointes A_0, A s'effectue de la manière suivante : on fait couler le

liquide de la microburette et l'on note la différence des volumes correspondant au contact successif avec les deux pointes, soit N centimètres cubes, on a

$$e = \frac{N}{S},$$

S étant la section du vase, e la dénivellation de la nappe d'huile.

D'autre part

$$N = sH,$$

H étant la hauteur de la colonne d'eau écoulée et s étant la section intérieure de la burette;

$$e = H\frac{s}{S},$$

formule qui indique une amplification égale au rapport des carrés des rayons du vase et de la burette.

En utilisant une microburette graduée en cinquantièmes de centimètre cube et un vase cylindrique de section égale à 200^{cm^2}, une différence de volume de 1/50e de centimètre cube correspond à une dénivellation de 1 micron de la surface S; l'expérience montre qu'en répétant plusieurs fois la mesure d'une dénivellation, l'erreur maximum commise ne dépasse pas la valeur de 1/50e de centimètre cube.

Application. — Pour déterminer les déplacements d'un corps Co animé de petits mouvements de translation, il suffit de mesurer par la méthode ci-dessus les écarts entre les positions successives d'une pointe verticale solidaire du corps.

La mesure d'une rotation de faible amplitude d'un levier autour d'un axe horizontal se fait aisément en rendant l'extrémité de ce levier solidaire d'une pointe dont on déterminera les dénivellations à l'aide de la méthode précédente.

On montre la sensibilité de cette méthode de mesure en appréciant la flexion subie par une barre d'acier de 85^{cm} de long, de section 5^{cm^2}, soumise en son milieu à des charges successives et en traçant la courbe de variation de la flèche en fonction de la charge. Pour un poids de 25^g la flèche d'une telle poutre est de l'ordre du micron.

PHYSIQUE. — *Mesure du moment d'un couple par emploi du moteur chronométrique. Application à l'étude de la viscosité.* Note de M. **Amédée Guillet**, présentée par M. A. Cotton.

La vitesse angulaire de rotation du moteur chronométrique ([1]) est fixée par construction et sa valeur ω est bien connue. Non seulement cette vitesse reste invariable pendant le mouvement, mais encore elle passe sans transition de o à ω à la mise en marche du moteur et de ω à o à l'arrêt. En raison de ces particularités, l'emploi du moteur chronométrique permet de simplifier notablement certaines techniques.

Proposons-nous par exemple de mesurer le moment $\mathfrak{M}$ d'un couple appliqué à un solide tournant S et provenant du mouvement lui-même.

A cet effet, suspendons S, par l'intermédiaire d'un fil de torsion de constante C, à l'extrémité d'un arbre vertical dont la rotation est assurée par un moteur chronométrique M. Dès la mise en marche du moteur, le fil en coïncidence avec l'axe de l'arbre étant tordu, par le haut, selon la loi $\theta = \omega t$, le corps S est sollicité à se mouvoir selon une loi $\theta_1 = f(t)$, solution de l'équation

$$\mathcal{I}\frac{d^2\theta_1}{dt^2} + C\theta_1 = C\omega t + \mathfrak{M},$$

Admettons, en vue de la suite, que $\mathfrak{M}$ est de la forme $-K(d\theta/dt)$ alors

$$\theta_1 = \omega t - \frac{K\omega}{C} + \theta_{1,g}.$$

Si, par le jeu d'un verrou électromagnétique, on rend S solidaire de l'arbre au départ, on a $\theta_{1,g} = 0$; dans le cas contraire $\theta_{1,g}$ tend vers zéro d'autant plus rapidement que le rapport $C : \mathcal{I}$ est plus grand.

Le corps, suspendu par liaison de torsion, tourne donc, en état de régime, avec la même vitesse ω que l'arbre, mais le fil présente alors une torsion angulaire α, par recul, égale à $K\omega/C$, c'est-à-dire telle que $\mathfrak{M} = C\alpha$.

La constante C se détermine par les méthodes connues, le fil étant en place. L'opération à renouveler dans chaque expérience se réduit donc à la mesure de α.

Dans ce but utilisons une aiguille, solidaire de S, dont l'extrémité se

---

([1]) *Comptes rendus*, 160, 1915, p. 235.

meut en regard d'une graduation, comportant N divisions, tracée à la périphérie d'un disque horizontal, calé et centré sur l'arbre par l'intermédiaire d'un long tube formant manchon sur le fil. Comme, en régime, disque et aiguille tournent en accord, l'extrémité de l'aiguille se fixe sur une division n de la graduation du disque que l'on relève par « autostroboscopie au néon ». Si n et n' sont les lectures relatives aux positions prises par l'aiguille avant, puis après, l'application du couple $\mathfrak{M}$, on a, en posant $\Delta n = n' - n$,

$$\mathfrak{M} = C\, 2\pi \frac{\Delta n}{N} = 8\pi^3 \frac{\mathcal{J}}{T^2} \frac{\Delta n}{N},$$

où T est la durée d'oscillation du système libre : fil, S. Lorsqu'une grande sensibilité de lecture est nécessaire on mesure α par l'une des méthodes optiques habituelles, la lumière intervenant toujours par éclairs rythmés.

Pour produire des couples dus à la viscosité [1], on installe au-dessous de S que l'on prend alors de révolution (cylindre, sphère, etc.) un support muni d'un plateau pouvant être élevé ou abaissé à l'aide d'une vis. Le liquide à étudier est contenu dans un vase — que nous supposerons cylindrique (rayon R_1) ainsi que S (rayon R_0) — placé sur le plateau de manière que les axes du vase et de S soient très sensiblement dans le prolongement du fil et que S soit partiellement immergé. On modifie à volonté la hauteur d'immersion de Δh par une translation Δz du plateau.

Le moment effectivement mesuré $\mathfrak{M}$ provient de toutes les actions exercées par le liquide sur le système S, mais il est à penser que la variation de $\Delta\mathfrak{M}$ par modification de la profondeur d'immersion est relative à la seule action latérale. S'il en est ainsi les effets sur la base de S et au niveau libre restant invariables, on peut chercher à calculer $\Delta\mathfrak{M}$ en supposant applicable la théorie du mouvement du fluide par lames cylindriques ayant même axe que S.

On a alors

$$(1) \qquad \frac{\Delta\mathfrak{M}}{8\pi^2} = \eta\nu R_0^2 \Delta z \frac{1}{(1-x^2)^2} = \pi \frac{\mathcal{J}}{T^2} \frac{\Delta n_1}{N},$$

ν étant la fréquence rotatoire de S et x le rapport $R_0 : R_1$. L'expérience montre, avec une grande perfection, qu'il y a proportionnalité entre Δn_1 et Δz d'une part, et entre Δn_1 et ν d'autre part, tant que la vitesse angulaire ω reste plus petite que la vitesse ω_c qui correspond au seuil de la

(1) *Comptes rendus*, **166**, 1918, p. 33.

région de turbulence et qui est elle-même d'autant plus grande que le fluide est plus visqueux.

Le dispositif que nous venons d'examiner, d'un emploi particulièrement rapide et commode, peut donc être légitimement appliqué à la détermination des coefficients de viscosité (1), le fait de n'opérer que sur des variations Δh de profondeur d'immersion dispensant de la complication des organes de garde. De plus l'opérateur n'a à se préoccuper que du seul mobile S sur lequel est mesuré, par effet de réaction, le couple que sa rotation, systématiquement régulière, engendre par elle-même.

PHOTOGRAMMÉTRIE. — *Sur un appareil nouveau pour la restitution des clichés aériens.* Note de M. **Marcel Chrétien**, présentée par M. Charles Maurain.

J'ai appliqué à la restitution des clichés pris en avion un procédé entièrement mécanique, qui permet d'obtenir la restitution d'un couple de clichés aériens, en utilisant leurs redressements photographiques.

On sait que dans les procédés habituels de restitution, on obtient la position de chacun des points à relever, en plan et en altitude, par des intersections qui se font à l'aide d'épures. Cette opération se fait ici mécaniquement.

Le principe est le suivant :

A l'échelle de la restitution, on représente dans l'espace par rapport aux redressements photographiques, qui sont eux-mêmes convenablement orientés dans leurs plans, la position de l'avion au moment de chaque prise de vue, puis par un point mobile dans l'espace, dont la position est commandée par l'opérateur, successivement les points du sol formant l'objet du relevé.

Deux droites joignent constamment le point mobile aux deux points de prise de vues. Elles coupent les plans de niveau des redressements, en deux points qui sont les deux positions de redressement du point de l'espace.

Lorsque ces deux points coïncident respectivement sur chaque redressement avec les deux représentations photographiques d'un même point du terrain, le point mobile représente ce point du terrain dans sa position de l'espace. Il suffit de le projeter horizontalement sur le plan de redressement, pour avoir sa position en plan et son altitude.

Les points de prise de vues, le point mobile de l'espace, et les points de

redressement, sont chacun le centre d'une rotule. Les deux directions de visée sont matérialisées par deux tiges cylindriques dont les axes passent par les centres des rotules correspondantes.

Les deux rotules des points de vues sont amenées à la position convenable de l'espace, et maintenues à cette position.

La rotule mobile est supportée par un coordinatographe à trois dimensions que l'opérateur commande au moyen de trois manettes. Les mouvements en X et en Y entraînent un traceur qui enregistre sur une épure la restitution en plan. Le mouvement en Z se fait le long d'une graduation permettant de lire l'altitude. Cette altitude a pour origine le plan de restitution. Les rotules de redressement sont assujetties à se déplacer dans ce plan, en entraînant chacune un index sur le redressement corespondant. Pour permettre à l'opérateur de suivre plus facilement le mouvement des index, on donne à ces derniers une forme identique, et l'on place au-dessus des redressements un stéréoscope simple. Grâce à ce dispositif, lorsque la superposition stéréoscopique des index est amenée à coïncider avec celle des deux images d'un point du sol, la restitution de ce point est effectuée. En outre ce dispositif facilite à l'opérateur, par la vision du relief, le tracé des courbes de niveau ou des profils.

Un dispositif additionnel simple, intercalé sur la commande des index, corrige les petits écarts inhérents au travail de redressement. Il se compose de deux correcteurs agissant suivant les deux coordonnées X et Y. Chacun d'eux se compose de leviers réalisant la déformation perspective élémentaire de l'image quand elle est projetée sur un plan différent du plan de redressement exact.

Dans le cas où la prise de vue se fait avec un indicateur de pente l'angle de l'axe optique avec la verticale est généralement assez faible pour que les écarts qui en résultent puissent être corrigés par le dispositif ci-contre.

Il est donc possible dans ce cas d'utiliser. au lieu des redressements, de simples agrandissements photographiques.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur la radioactivité excitée par les neutrons dans le platine.* Note de M. **Léonard Sosnowski**, présentée par M. Maurice de Broglie.

Ayant présenté ([1]) quelques résultats touchant l'excitation de la radioactivité de l'or par des neutrons, nous avons étendu nos recherches au platine.

L'arrangement expérimental dont nous nous sommes servi était en principe le même que celui décrit dans la Note précédente. La source de neutrons était, cette fois, constituée par du glucinium irradié par le rayonnement γ de 200^{mg} de radium. Nous avons activé 44^g de platine pendant 15 heures.

Ce métal activé apposé à la fenêtre d'un compteur Geiger-Müller donnait 15 impulsions par minute en plus du mouvement propre du compteur (6 par minute).

Le rayonnement excité décroît d'après une loi exponentielle simple, la période étant de 100 minutes.

L'affaiblissement dans l'aluminium fait supposer que le rayonnement est constitué par des particules β. L'absorption suit une loi sensiblement exponentielle. Une couche d'aluminium de $0,18\ g/cm^2$ affaiblit l'intensité de moitié, ce qui correspond à des rayons β pénétrants, d'énergie $1,5 . 10^6$ eV environ.

Par analogie avec les autres processus de désintégration produits par des neutrons dans les éléments lourds ([2]), nous admettons que la radioactivité observée est due, dans notre cas, à un isotope du platine ($N = 78$) qui, après l'émission d'un électron, se transforme en un or ($N = 79$). Les isotopes de l'or et du platine ne sont pas connus.

Un essai analogue au nôtre a été entrepris il y a quelque temps par MM. Fermi, Amaldi, d'Agnostino, Rasetti et Segrè (*loc. cit.*) qui employaient pour l'activation du platine des neutrons d'une source Rn + Be, cependant ces auteurs n'ont observé que des traces d'un rayonnement de courte période, ce qui est tout à fait différent de nos résultats.

([1]) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 391.

([2]) Fermi, Amaldi, d'Agnostino, Rasetti, Segrè, *Proc. of Roy. Soc.*, 146, 1934, p. 483.

Remarquons que ces mêmes physiciens obtenaient généralement, dans le cas d'autres éléments (Ag, Au), des effets beaucoup plus intenses que les nôtres. Les neutrons obtenus par la voie que nous avons employée doivent être plus efficaces pour l'activation du platine. Il nous semble que ce sont des neutrons lents, de quelques centaines d'électrons kilovolts, qui sont les plus nombreux ([1]), tandis que la source Rn + Be donne des neutrons rapides d'une énergie atteignant 8.10^6 eV et l'on sait que les neutrons ralentis peuvent être beaucoup plus efficaces pour les réactions nucléaires.

Si les phénomènes que nous venons de décrire sont, en effet, dus à la lenteur des neutrons excitateurs, nos expériences conduisent à admettre que la pénétration des neutrons dans les noyaux d'atomes à masse élevée n'est pas accompagnée d'une émission de particules lourdes. On sait qu'un tel effet a été envisagé comme possible par Fermi et ses collaborateurs.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur les effets secondaires des rayons cosmiques*. Note ([2]) de MM. **Pierre Auger** et **A. Rosenberg**, présentée par M. Jean Perrin.

1. La matière soumise aux rayonnements cosmiques est capable d'émettre des gerbes d'électrons des deux signes; ces gerbes peuvent être décelées dans la chambre à détentes ou bien par les coïncidences de plusieurs compteurs de Geiger-Muller disposés de telle sorte qu'une (ou deux) particules seulement ne puissent les déclencher simultanément ([3]). (Montage en *berceau*). Si l'on place au-dessus d'un tel berceau formé de trois compteurs parallèles et non dans un même plan des écrans de plomb d'épaisseurs croissantes, on constate que le nombre de gerbes (au moins triples) croît, passe par un maximum pour un écran de 16 à 18^{mm} de plomb, décroît ensuite assez rapidement puis de plus en plus lentement ([4]). Cette variation, ainsi que les caractères des gerbes observées dans les chambres à détente ont conduit à supposer le mécanisme suivant : les rayons cosmiques corpusculaires (primaires?) subissent dans l'atmosphère des chocs accompagnés de perte d'énergie cinétique et d'émission de photons de grande énergie.

([1]) W. Gentner, *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 1211.

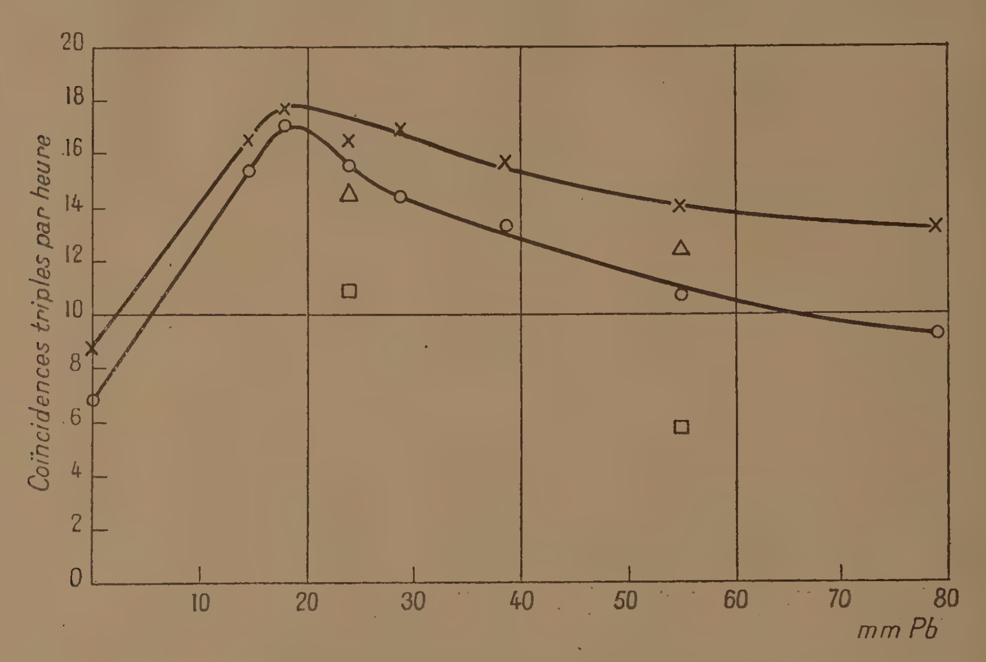
([2]) Séance du 28 janvier 1935.

([3]) Rossi, *Phys. Z.*, 33, 1932, p. 304.

([4]) Rossi, *Z. f. Phys.*, 82, 1933, p. 151; Gilbert, *Proc. Roy. Soc.*, 144, 1934, p. 559; Fünfer, *Z. f. Phys.*, 83, 1933, p. 92.

Ces photons atteignant des écrans formés d'éléments de numéro atomique élevé s'y matérialisent en formant des gerbes d'électrons des deux signes.

On donnera alors à l'épaisseur de plomb correspondant au maximum le sens d'un parcours des corpuscules de gerbes dans cette matière, et l'on verra dans la décroissance rapide qui suit ce maximum l'indication d'une absorption intense des rayons intermédiaires producteurs de gerbes dans le plomb. La courbe ci-dessous (cercles) qui a été obtenue dans ces conditions donne



Coïncidences triples par heure en fonction de l'épaisseur de l'écran de plomb producteur de gerbes.
A l'air libre : ○ compteurs nus. □ un compteur protégé par 1cm de plomb.
Sous le charbon : × compteurs nus. △ un compteur protégé par 1cm de plomb.

environ 17mm de parcours pour les gerbes et 0,2 pour le coefficient d'absorption des producteurs de gerbes dans le plomb.

2. Nous avons cherché à modifier le milieu dans lequel prennent naissance les photons qui représentent dans cette théorie les intermédiaires non ionisants entre les rayons corpusculaires solitaires et les gerbes. Pour cela nous avons placé le dispositif formé par le berceau de compteurs et l'écran variable producteur de gerbes, immédiatement au-dessous d'une masse de 380kg de charbon (briquettes) de 60cm d'épaisseur et de 60cm sur 80 de surface. Les mêmes mesures ont été faites dans ces conditions et à l'air libre, et les résultats en sont représentés par les courbes de la figure ci-dessus. Toutes les mesures faites sous le charbon donnent des valeurs plus élevées

qu'à l'air libre, et surtout pour les grandes épaisseurs de l'écran de plomb. Les points sont les moyennes prises sur des séries de mesures croisées, et les fluctuations statistiques probables sont inférieures à une unité de l'échelle des ordonnées, sauf pour les points extrêmes (8^{cm} de Pb) pour lesquels elles peuvent atteindre deux unités. Le nombre de coïncidences fortuites n'est pas supérieur à 2 par heure.

3. Pour analyser la qualité des radiations qui apparaissent ainsi sous l'écran de charbon, nous avons isolé un des compteurs (celui qui forme le fond du berceau) par une enveloppe de plomb de 1^{cm} d'épaisseur. L'appareil fonctionnant à l'air libre, on obtient une forte réduction des coïncidences (points marqués □) due au fait que les gerbes ayant déjà traversé une épaisseur notable du plomb superposé au berceau ne peuvent plus atteindre le compteur isolé. L'appareil fonctionnant sous le charbon, la réduction obtenue est beaucoup plus petite (points marqués Δ), ce qui ne peut s'expliquer que par un pouvoir pénétrant supérieur du phénomène corpusculaire qui prend naissance dans, ou sous le charbon. Enfin, pour savoir si le rôle des rayons producteurs de gerbes venant de l'atmosphère reste grand sous le charbon, nous avons recouvert l'ensemble des appareils d'une couverture de 2^{cm} de plomb, par-dessus l'écran de charbon. Dans ces conditions, la courbe obtenue est de forme analogue à celle obtenue sous le charbon sans couverture, mais très fortement abaissée : le maximum, pour 17^{mm} de plomb producteur de gerbes, est de 12 par heure, au lieu de 18. Ce résultat permet de dire que les rayonnements producteurs de gerbes sont peu diminués à la traversée de 60^{cm} de charbon, et sont très absorbés par 2^{cm} de plomb, fait qui est en faveur d'une loi d'absorption variant en fonction du carré du numéro atomique des éléments formant les écrans.

Nous pensons que l'ensemble de ces phénomènes, dont l'étude continue, permettra de préciser les coefficients et les lois d'absorption des rayonnements primaires, producteurs de gerbes et des gerbes, ainsi que la nature du rayonnement supplémentaire amené par la présence d'un écran relativement dense formé d'atomes légers. Ce rayonnement a déjà été observé par MM. P. Auger et L. Leprince-Ringuet dans une grotte de glace, en haute montagne.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Théorie de la capture sélective des neutrons lents par certains noyaux.* Note de MM. **Francis Perrin** et **Walter M. Elsasser**, présentée par M. Jean Perrin.

1. Les radioactivités provoquées par les neutrons résultent souvent de leur simple capture par les noyaux atomiques. L'interposition d'une substance hydrogénée dans le rayonnement incident augmente alors beaucoup l'activité observée (effet Fermi) sans doute par suite du ralentissement des neutrons par choc élastique sur les protons (l'énergie d'un neutron, initialement de quelques mégavolts-électron, sera devenue comparable, après quelques dizaines de chocs, à l'énergie d'agitation thermique des protons rencontrés). Les neutrons lents, ainsi obtenus et décelés, sont absorbés de façon très différente par les divers éléments. Pour quelques éléments absorbants (tels le bore et l'yttrium) la section efficace σ_c des noyaux pour la capture des neutrons lents atteint environ 10^{-21} cm², soit mille fois la section des domaines nucléaires indiqués par tous les autres phénomènes.

La capture d'un neutron de vitesse u par un noyau doit être accompagnée, s'il n'y a pas émission instantanée d'une autre particule matérielle, de l'émission d'un photon $h\nu$ représentant l'énergie de fixation ε du neutron augmentée de l'énergie cinétique disparue $w = 1/2\,\mu u^2$, μ étant la masse réduite du neutron par rapport au noyau. Le phénomène inverse est l'arrachement photoélectrique d'un neutron nucléaire par un rayonnement γ (observé par Chadwick pour les deutons). Le rapport des sections efficaces σ_c et σ_e relative à ces deux phénomènes de capture et d'émission d'un neutron est déterminé par la condition de compensation exacte des processus inverses dans l'équilibre thermique; on trouve (Bethe et Peierls) [1] :

$$(1) \qquad \sigma_c = \theta \frac{1}{\mu c^2} \frac{(\varepsilon + w)^2}{w} \sigma_e \qquad (h\nu = \varepsilon + w),$$

θ étant un facteur numérique, de l'ordre de l'unité, dépendant des spins.

En théorie quantique il est plus simple de calculer la section σ_e. Ce calcul a été fait par Bethe et Peierls [1] pour le cas du deuton, en supposant l'interaction entre proton et neutron intense mais limitée à une distance très

---

(1) Bethe et Peierls, *Proc. Roy. Soc.*, A, 148, 1935, p. 146.

petite ($< 10^{-13}$ cm). Il n'y a alors qu'un état stationnaire possible pour le système, et cet état correspond à un moment de circulation nul ($l = 0$, état S). La section efficace σ_c déduite de ce calcul est nulle pour des neutrons lents, et atteint un maximum de seulement 3.10^{-29} cm² pour des neutrons incidents ayant une énergie de 4MVe.

2. Si l'on admet que l'interaction entre un noyau complexe et un neutron s'étend à une distance de l'ordre du rayon nucléaire (5.10^{-13} cm) il pourra exister plusieurs états stationnaires pour le système formé par leur réunion, et certains de ces états auront un moment de circulation ($l = 1$, état P, ...).

Or la section efficace σ_c relative à la capture d'un neutron sur un niveau S tend vers zéro avec l'énergie du neutron incident, à cause de la règle de sélection qui exige, pour qu'il y ait émission d'un photon, que ce neutron ait initialement par rapport au noyau un moment cinétique $h/2\pi$ ($\Delta l = \pm 1$), et par suite passe à une distance du noyau d'autant plus grande qu'il va plus lentement.

Au contraire si la capture se produit sur un niveau final P, le neutron pourra avoir un moment cinétique initial nul. On trouve alors que σ_c augmente comme l'inverse de la vitesse des neutrons, quand celle-ci tend vers zéro. Pour des neutrons n'ayant que l'énergie d'agitation thermique ordinaire, les sections σ_c que l'on prévoit ainsi sont déjà en général de l'ordre de grandeur de la section du noyau (région d'interaction, 10^{-25} cm²).

3. Mais il se produit un phénomène de *résonance* augmentant encore beaucoup la section de capture pour les neutrons lents, si le potentiel d'interaction, toujours limité à un domaine du même ordre, est tel qu'en plus du niveau P profond sur lequel se fait la capture, existe un niveau S correspondant à une énergie de liaison nulle.

Le calcul complet peut être fait en supposant un potentiel d'interaction U en trou rectangulaire ($U = 0$ pour $r > r_0$, et $U = -\varepsilon_0$ pour $r < r_0$, ε_0 étant constant). On trouve, en utilisant la formule (1), pour la section efficace relative à la capture sur un niveau P d'un neutron provenant d'une onde libre S,

$$\sigma_c = \frac{4\theta}{3\pi} \frac{h^2 e^2}{\sqrt{2\mu} c^3 r_0} \left(\frac{Z}{M}\right)^2 \frac{(h + 2\pi\sqrt{2\mu\varepsilon} r_0)^2}{(2\pi\sqrt{2\mu\varepsilon} r_0)^2 + 3h(h + 2\pi\sqrt{2\mu\varepsilon} r_0)}$$
$$\times \frac{\varepsilon_0 - \varepsilon}{\varepsilon + \varpi} \frac{1}{\sqrt{\varpi}} \frac{\varepsilon_0 \sin^2\rho}{\varpi \sin^2\rho + (\varpi + \varepsilon_0)\cos^2\rho},$$

Z_c et M étant la charge et la masse du noyau, et ρ représentant l'expres-

sion $2\pi\sqrt{2\mu(\varepsilon_0 + w)}r_0/h$; l'énergie ε du niveau P est par ailleurs déterminée en fonction de ε_0 et de r_0. Cette section varie quand croît l'énergie des neutrons incidents (et par suite ρ) avec alternativement des minimums nuls et des maximums de plus en plus petits.

Pour des neutrons lents, σ_c sera très grand si ε_0 a une valeur telle que $\cos\rho = 0$; or cette condition exprime alors qu'il existe un état stationnaire S du neutron lié pour une énergie nulle. Le dénominateur de résonance, qui détermine cette augmentation énorme, provient du facteur de normalisation de l'onde S du spectre continu relative au neutron libre : lorsqu'il y a résonance, l'amplitude de l'onde incidente normalisée devient très grande dans le domaine du noyau. La résonance pourra donc aussi déterminer une grande section efficace si la capture du neutron est accompagnée de l'émission d'une particule matérielle au lieu d'un photon (cas du bore d'après Chadwick).

Pour des neutrons ayant l'énergie thermique ordinaire, la formule obtenue donne une section efficace d'environ 10^8 fois la section du noyau (soit $10^{-17}\,\text{cm}^2$) si la résonance est parfaite (en supposant ε de l'ordre de quelques mégavolts-électron). Les sections observées peuvent donc s'expliquer par une résonance approchée.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Calcul et représentation graphique des déplacements élémentaires dans les réactions d'équilibre chimique homogène. Variation des concentrations. Réactions à volume constant.* Note de M. **Pierre Montagne**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

1. *Déplacement des réactions par variation des concentrations.* — Nous avons montré [1] comment on pouvait préciser par des expressions quantitatives les lois qualitatives du déplacement de l'équilibre par variation de température ou de pression. On peut compléter de la manière suivante celles qui ont trait aux variations des concentrations.

Variation des concentrations produites par l'avancement élémentaire $d\xi$ de la réaction (1). — Nous avons défini l'avancement moléculaire élémentaire $d\xi$ relatif à la réaction

$$(1)\qquad \alpha A \rightleftharpoons \beta B + \gamma C \qquad (\beta > \gamma;\ n = \beta + \gamma - \alpha \geqq 0),$$

[1] P. Montagne, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 234.

et indiqué sa représentation par un vecteur $\overline{MM'} = n\overline{ME}\,d\xi$, de composantes

(2) $da = n(X - a)\,d\xi, \qquad db = n(Y - b)\,d\xi, \qquad dc = n(Z - c)\,d\xi$ [1],

X, Y, Z étant les coordonnées du point caractéristique E. On sait que le signe de ces composantes est variable : celui de da est opposé à celui de $d\xi$, tandis que ceux de db et dc dépendent de la position du point M dans le triangle ABC [2].

Variation des concentrations par introduction d'un des composants. — Introduisons dans ce même système, formé de N molécules du mélange des corps A, B, C, $\Delta\nu$ molécules [3] d'un des constituants; les concentrations subissent les variations :

Corps ajoutés....	A.	B.	C.
δa..	$(1-a)\,\delta\nu = (b+c)\,\delta\nu$	$-a\,\delta\nu$	$-a\,\delta\nu$
δb..	$-b\,\delta\nu$	$(1-b)\,\delta\nu = (a+c)\,\delta\nu$	$-b\,\delta\nu$
δc...	$-c\,\delta\nu$	$-c\,\delta\nu$	$(1-c)\,\delta\nu = (a+b)\,\delta\nu$
δr...	$\delta\nu\sqrt{(c+b)^2 + \frac{(c-b)^2}{3}}$	$\delta\nu\sqrt{(a+c)^2 + \frac{(a-c)^2}{3}}$	$\delta\nu\sqrt{(b+a)^2 + \frac{(b-a)^2}{3}}$

(on a posé $\delta\nu = \Delta\nu/N$), représentables par un segment de longueur δr porté sur les droites MA, MB ou MC, le sens positif sur ces droites allant de M vers les sommets A, B ou C.

Retour à l'équilibre. — Si nous perturbons l'équilibre d'un système homogène par introduction de $\Delta\nu$ molécules d'un des composants, le retour à l'équilibre se fera par le jeu de la réaction (1), au moyen d'un avancement élémentaire $d\xi$, respectivement égal, selon le composant introduit

$$(4)\quad \begin{cases} \text{(A)} & d\xi = \dfrac{\alpha}{\Xi(M)}\left(\dfrac{1}{a} - \dfrac{1}{X}\right)d\nu, \\ \text{(B)} & d\xi = -\dfrac{\beta}{\Xi(M)}\left(\dfrac{1}{b} - \dfrac{1}{Y}\right)d\nu, \\ \text{(C)} & d\xi = -\dfrac{\gamma}{\Xi(M)}\left(\dfrac{1}{c} - \dfrac{1}{Z}\right)d\nu, \end{cases}$$

la fonction $\Xi(M)$ étant égale à $\Xi(M) = \alpha^2/a + \beta^2/b + \gamma^2/c - n^2$.

---

(1) Nous remplacerons les symboles des concentrations $[a]$, $[b]$, $[c]$, par a, b, c, uniquement pour simplifier la typographie.

(2) R. ÉTIENNE, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1887.

(3) $\Delta\nu$ peut être rendu négatif en imaginant qu'on utilise une paroi semi-perméable.

Il est facile de vérifier que la réaction se produit bien dans le sens prévu par la loi du déplacement de l'équilibre, la variation de la concentration du composant considéré produite par le jeu de la réaction (1) et celle due à l'introduction de ce même composant étant toujours de sens contraires. Pour le composant A, le produit des deux variations, $da = n(X - a)\,d\xi = n\alpha(X - a)^2\,\partial\nu/a\,X\,\Xi(M)$ et $\partial a = (b + c)\,\partial\nu$ est négatif puisque X est négatif ($X = -\alpha/n$ et $n > 0$). Pour les autres composants, C par exemple, le produit de $dc = n(Z - c)\,d\xi = -n\gamma(Z - c)^2\,d\nu/c\,Z\,\Xi(M)$ et de $\partial c = (a + b)\,\partial\nu$ est bien négatif; s'il s'annule, c'est sur la droite $c = Z$, lieu des points de contact des tangentes issues de C aux courbes d'isoéquilibre inscrites dans ABC.

II. *Réactions à volume constant.* — Des calculs analogues nous conduisent aux résultats suivants :

Variation de température. — L'avancement $d\xi$ d'un système en équilibre sous volume constant et soumis à une élévation de température dT est

$$(5)\qquad d\xi = -\frac{1}{\Xi'(M)}\left(\frac{Q}{RT^2} + \frac{n}{T}\right)dT.$$

La fonction $\Xi'(M)$ étant donnée par $\Xi'(M) = \Xi(M) + n^2 = \alpha^2/a + \beta^2/b + \gamma^2/c$. Cette formule (5) montre que la réaction spontanée d'un système maintenu à volume constant peut s'inverser à une certaine température $T_i = -Q/nR$, pourvu que la décomposition du corps A soit endothermique [résultat déjà énoncé par Duhem (1)].

Variation des concentrations. — Dans le retour à l'équilibre d'un système éloigné de sa position d'équilibre par introduction d'un de ses composants A, B ou C, l'avancement moléculaire élémentaire $d\xi$ est donné par

$$(6)\quad (A)\ d\xi = \frac{\alpha}{a.\Xi'(M)}\,\partial\nu; \qquad (B)\ d\xi = -\frac{\beta}{b.\Xi'(M)}\,\partial\nu; \qquad (C)\ d\xi = -\frac{\gamma}{c.\Xi'(M)}\,\partial\nu.$$

Le signe de $d\xi$ étant celui de $\partial\nu$ (pour A) ou le signe contraire (pour B et C) la réaction a toujours lieu dans le sens qui fait disparaître le composant ajouté; résultat déjà énoncé par Ariès, Étienne et H. Le Chatelier (2).

---

(1) *Traité élémentaire de Mécanique chimique*, Paris, 1898, 3, p. 290 et suiv.

(2) ARIÈS, *Statique chimique*, Paris, 1904, p. 198; R. ÉTIENNE, *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 986; H. LE CHATELIER, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1557, 1753; R. ÉTIENNE, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1887; 197, 1933, p. 149 et 986; J.-E. VERSCHAFFELT (*Comptes rendus*, 196, 1933, p. 683).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Poids moléculaire d'un liquide pur à son point d'ébullition normale.* Note de M. **Raymond Lautié**, présentée par M. Georges Urbain.

L'énergie superficielle moléculaire d'un liquide pur est proportionnelle à sa température caractéristique et a sensiblement la même valeur pour tous les liquides normaux pris à la même température caractéristique. De plus (Dutoit et Friderich), on a

$$\gamma_e = \chi P_c V_e^{\frac{1}{3}}. \tag{1}$$

Donc

$$\frac{P_c M_e}{(T_c - T_e) D_e} = K, \tag{2}$$

où P_c et T_c sont la pression critique et la température critique du fluide; M_e, γ_e, V_e et D_e sa masse moléculaire, sa tension superficielle, son volume moléculaire et sa densité absolue à la température absolue T_e du point d'ébullition normale.

La formule (2) ne s'applique en toute rigueur qu'aux liquides normaux, pourvu cependant que $(T_c - T_e)$ ne soit pas trop faible, comme dans le cas de l'hélium. Elle n'est qu'approchée et ne permet pas de calculer P_c exactement, mais d'en fixer l'ordre de grandeur.

Toutefois elle renseigne toujours sur l'état moléculaire d'un liquide pur à T_e, si P_c est connu avec une précision suffisante, ce qui parfois n'est pas réalisé.

Avec P_c exprimé en atmosphères, K est voisin de 24 pour les liquides normaux :

	N^2.	O^2.	C^3H^8O.	Cl^2.	$n\,C^5H^{12}$.	$(C^2H^5)^2O$.	C^6H^6.	CCl^4.	C^6H^5I.	$SnCl^4$.
M_e......	28	32	60	71	72	74	78	154	204	261
K.....	24,1	22,0	24,5	23,1	24,1	23,2	22,5	22,6	22,5	23,8

Un gaz rare de poids atomique P_a, liquéfié, paraît être constitué surtout par des molécules monoatomiques, comme à l'état gazeux :

	Ne.	Ar.	Kr.	Xe.
$P_a = M_e$.........	20,18	39,99	83,7	131,3
K..............	26,1	21,6	21,0	20,2

Dans le cas d'un liquide polymérisé, K est notablement inférieur à 24.

	NH^3.	H^2O.	CH^3CO^2H.
M_e théorique.....................	17	18	60
K..............................	14,8	14,2	18,0

Dans ces trois exemples, il faut, en accord avec les résultats déjà admis, envisager, à côté des molécules simples, l'existence de molécules doubles.

Notons enfin que pour les carbures acycliques saturés compris entre les butanes et les nonanes, K, peu influencé par l'isomérie, croît un peu et presque linéairement avec le nombre d'atomes de carbone.

	n C^5H^{12}.	*iso*-C^5H^{12}.	C^6H^{14}.	C^7H^{16}.	C^8H^{18}.
M_c	72	72	86	100	114
K	24,1	24,2	25,2	26,0	26,9

Une valeur approchée de K se calcule à partir des relations

$$\frac{T_e}{T_c}=\frac{3}{2}\ \text{(Gulberg)},\qquad \frac{D_c}{D_e}=\frac{V_e}{V_c}=\frac{8}{3}\ \text{(Lautié)},\qquad \frac{P_c.M}{T_c.D_c}=\frac{84}{15}\times 4\ \text{(Wohl)}$$

et en admettant que la masse moléculaire du liquide est indépendante de la température. La valeur trouvée, $K=24,6$, est très voisine de la valeur adoptée.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les oxydes de platine*. Note [1] de MM. **Paul Laffitte** et **Pierre Grandadam**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Nous avons montré [2] que l'oxydation directe du platine à chaud et sous pression élevée d'oxygène conduisait à un mélange des deux oxydes PtO et PtO^2. De ce mélange nous avons isolé le bioxyde, mais nous n'étions pas arrivé à obtenir le protoxyde. Dans la présente Note nous rapportons les résultats de nouvelles recherches qui nous ont conduit à PtO, dont nous avons ensuite étudié les propriétés. Nous avons aussi fait des essais d'hydrogénation catalytique en chimie organique en présence de noirs de platine obtenus à partir soit des oxydes purs, soit de différents noirs plus ou moins oxydés.

Préparation et propriétés de PtO. — Au fur et à mesure qu'on abaisse la pression sous laquelle on oxyde le noir de platine, la proportion d'oxygène fixé diminue, comme on peut s'en rendre compte d'après le tableau suivant relatif à une durée de chauffage de 6 heures :

---

(1) Séance du 28 janvier 1935.

(2) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1925.

Température (degrés C.).	Pression de O^2 (kg/cm²).	O^2 fixé sur le noir (pour 100).
430-450	60	10,50
	45	10,20
	25	9,68
	20	9,40
	12-13	9,60
	9-10	9,0
420-440	8-8,5	7,67
	4-5	4,23

Mais, en même temps que la quantité d'oxygène fixé s'abaisse, la proportion de PtO formé augmente au détriment de PtO^2. Ainsi l'expérience faite sous 8-8^{atm},5 correspond à PtO à peu près pur, comme l'indiquent les résultats suivants :

Analyse du noir oxydé.		*Composition du noir oxydé.*	
Substance prélevée	0^g,1757	PtO	99,09
Teneur en oxygène	0,0125	PtO^2	0,90
Résidu après traitement par HCl	0,0028	Pt	0,008
Résidu après traitement par l'eau régale.	0,0017		99,998

Au-dessous de 8^{atm} la quantité de PtO formé diminue au bénéfice du platine non oxydé. Par conséquent *le protoxyde de platine anhydre s'obtient par traitement du noir de platine vers 420-440° sous 8^{atm},25 d'oxygène.* Le temps de formation dépend de la finesse du noir de platine initial. La pression d'oxygène doit être maintenue pendant toute la durée du chauffage et ne cesser au cours du refroidissement que vers 400°.

Le protoxyde de platine anhydre est une poudre noire de densité 14,9 à 15. Il est, au début de l'attaque, très peu soluble dans l'acide chlorhydrique à 50 pour 100 à l'abri de l'air; mais il se dissout très rapidement dès qu'un peu de chlorure est formé. La dissolution ne dure qu'une minute si l'on a au préalable ajouté une goutte d'acide chloroplatinique dilué. Il est très soluble dans l'eau régale. A la température ordinaire il provoque, à l'air, la combustion de l'hydrogène et du gaz d'éclairage. Sa réduction par l'hydrogène pur est instantanée à la température ordinaire et a lieu avec incandescence en laissant un résidu de mousse grise de platine. Sous la pression atmosphérique la décomposition de PtO^2, suivant la réaction $2PtO^2 \rightarrow 2PtO + O^2$, a lieu à 400°. La décomposition du protoxyde suivant la réaction $2PtO \rightarrow 2Pt + O^2$ n'a lieu qu'à 560°.

Hydrogénation en chimie organique par des catalyseurs dérivant de PtO^2,

PtO *et de noirs de platine oxydés.* — Nous avons utilisé un *noir de platine moyen* de comparaison préparé par la méthode de M. Vavon [1], ainsi que des noirs actifs dérivant soit des deux oxydes purs, soit de noirs de platine oxydés. Ces derniers sont préparés à partir d'échantillons de poids égaux prélevés sur un *noir primitif* de mauvaise activité catalytique. On les soumet pendant six heures à une pression de 150^{atm} d'oxygène aux températures suivantes : 100, 150, 200, 250, 300, 350, 410 et 460°C. Ils contiennent alors respectivement : 2,30; 3,10; 3,35; 3,35; 4,05; 4,20; 5,1 et 7,90 pour 100 d'oyxgène en poids. Les hydrogénations effectuées, suivant la méthode de M. Vavon, en présence de masses égales de chaque catalyseur nous ont donné les résultats suivants :

	Temps (en minutes) pour fixer						
	$2^l,5$ H^2 sur 35^g de pinène α		5^l H^2 sur 35^g de pinène α		2^l H^2 sur 5^g de phénol		$0^l,5$ H^2 sur 5^g de pipéronal (3e hydrogénation).
Catalyseur.	1re fois.	2e fois.	1re fois.	2e fois.	1re fois.	2e fois.	
Noir moyen	78	76	159	155	78	80	27
Noir primitif	113	102	257	216	186	178	55
PtO	43,5	45	106	101	164	96	17,5
PtO^2	38	32	78	63	50	43	10,5
Noir activé à 100°	41	39	93	86	121	85	—
» 150°	40,5	35	89	76	101	73	—
» 200°	45	36	103	75	86	68	12,5
» 250°	47,5	40	114	86	88	74	—
» 300°	36	42	78	89	118	86	—
» 350°	38	43	90	91	136	112	—
» 410°	41	39	88	86	100	70	—
» 460°	36	36	75	81	70	67	—

Ces essais montrent que le bioxyde de platine est un excellent catalyseur d'hydrogénation des doubles liaisons C=C et C=O, 2 à 3 fois supérieur à tous les noirs ordinaires. Le protoxyde de platine est un bon catalyseur pour les liaisons C=C et moyen pour C=O. Un fait intéressant à noter est l'activation du noir par chauffage à 150-180° dans l'oxygène sous 150 kg/cm². Ainsi traité il absorbe 2,3 à 3,4 pour 100 d'oxygène en poids et fournit à l'hydrogénation un catalyseur d'activité très voisine de celle de PtO^2. Ce traitement constitue une méthode simple pour la préparation de catalyseurs deux fois plus actifs que ceux utilisés jusqu'à présent.

(1) *Thèses*, Paris (1911).

CHIMIE MINÉRALE. — *L'isolement du gadolinium.* Note [1] de M. **Félix Trombe**, présentée par M. Georges Urbain.

Parmi les éléments rares, seuls les métaux cériques ont été isolés à l'état libre.

Un métal global, très impur, comprenant tous les éléments du groupe yttrique, a été préparé par Meyer [2] en 1899.

Hicks [3] a obtenu sous forme d'une poudre métallique, qu'il a réussi à agglomérer en creuset de magnésie, l'yttrium allié au même groupe de métaux.

Plus récemment, Schumaker et Harris [4] ont tenté l'isolement de l'erbium et du gadolinium par distillation de leurs alliages avec l'aluminium. L'aluminium donnant avec ces métaux des azéotropes, ils n'ont pas pu dépasser les concentrations respectives de 10 pour 100 d'erbium et de 60 pour 100 de gadolinium. Aucun autre essai d'isolement des métaux yttriques ne paraît avoir été tenté.

La méthode décrite au sujet de la préparation du cérium [5], du lanthane [6] et du néodyme [7], a dû être modifiée pour les essais de préparation du samarium et du gadolinium.

Le métal rare à déposer est engagé au cours de l'électrolyse dans un alliage fusible et facilement dissociable ensuite sous un haut vide; on peut ainsi opérer à plus basse température que dans l'électrolyse directe et conserver le matériel réfractaire employé précédemment.

L'élément avec lequel le métal rare est allié est le cadmium, dont le choix présente les avantages suivants :

1° En raison de sa densité élevée (7,99 à l'état fondu à 320°), il se sépare bien du mélange de chlorures fondus (ordre de densité 3,6), rendu plus fusible encore et moins dense par addition de chlorures de potassium et de lithium.

2° Son point d'ébullition peu élevé (775° sous 760^{mm} de Hg) permet

---

(1) Séance du 21 janvier 1935.

(2) *Monatsh. für Chemie*, **20**, 1899, p. 793.

(3) *J. Am. Chem. Soc.*, **40**, 1918, p. 1619-1626.

(4) *Ibid.*, **48**, 1926, p. 3108-3114.

(5) Billy et Trombe, *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 421.

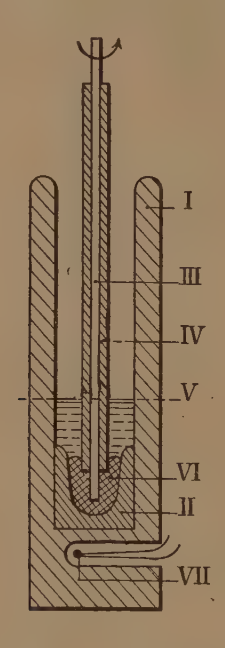
(6) Trombe, *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 1653.

(7) Trombe, *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 704.

d'envisager sa distillation et ainsi sa séparation du métal rare allié beaucoup plus réfractaire.

3° L'intervalle de température entre ses points de fusion (320°) et d'ébullition (775°) est suffisamment grand; l'électrolyse peut être faite à une température comprise entre ces deux points et aussi éloignée que possible du point de fusion (meilleure dissolution du métal rare dans le cadmium fondu).

Le dispositif opératoire est représenté ci-dessous.



Un creuset de carbone cylindrique (I) exempt d'impuretés solubles sert d'anode; il contient dans sa partie inférieure un creuset de fluorine (II) [1] non conducteur, rempli à moitié de cadmium fondu (VI); au centre une tige de molybdène tournante (III) (qui ne s'allie ni avec le cadmium ni avec les métaux rares), protégée dans sa partie supérieure par un manchon de fluorine (IV) amène le courant dans le cadmium. Le bain de sel fondu monte jusqu'au niveau (V) et possède une grande surface de contact avec le creuset anode. La température est mesurée en (VII). Des alliages à 20 pour 100 de lanthane ont été obtenus par cette méthode. Le samarium a pu être dissous dans le cadmium dans des proportions de 4 à 13 pour 100 pour des températures d'électrolyse variant de 600° à 725°.

---

(1) Damiens, *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 1235.

De l'oxyde pur de gadolinium, provenant d'un fractionnement effectué précédemment par M. G. Urbain, a été utilisé pour l'isolement du métal.

Le bain d'électrolyse est constitué par

44 pour 100 de chlorure de gadolinium,		
44	»	potassium,
12	»	lithium.

Le bain est maintenu entre 625° et 675°, la température maximum étant produite vers la fin de l'électrolyse quand l'alliage se concentre en métal rare.

Pour un poids total de sel de 4^g le courant est de 7 à 8 ampères sous 10 volts; l'électrolyse dure environ 15 minutes.

L'alliage obtenu analysé contenait 6 pour 100 de gadolinium et une petite quantité de lithium aussi volatil que le cadmium.

La séparation des métaux est faite dans un double tube de quartz rodé sous une pression de l'ordre de 1/1000e de millimètre de mercure, contrôlée constamment pendant l'opération.

L'alliage à distiller est placé dans un creuset de molybdène emboîté dans deux creusets successifs de tôle de molybdène pour éviter les projections. Après chauffage (1230 à 1240°), le tube est refroidi sous vide et rempli de gaz carbonique. Le gadolinium dont le point de fusion n'a pas été atteint est sous une forme demi-agglomérée; il n'attaque pas l'eau à l'ébullition et son oxydation à l'air est lente.

Sa composition est la suivante : 98,4 pour 100 de gadolinium métallique et 0,7 pour 100 de silicium.

Le cadmium n'y est pas décelé par ses réactifs chimiques.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur un composé de transition dans la formation de complexes du còbalt trivalent.* Note de M. **Marcel Châtelet**, présentée par M. G. Urbain.

La préparation de complexes du cobalt trivalent par oxydation de solutions ammoniacales de chlorure de cobalt en présence de plus ou moins de chlorure d'ammonium donne naissance à des composés de transition pour la plupart polynucléaires dans lesquels un des atomes métalliques peut atteindre la valence quatre. Ces corps sont le plus souvent très solubles dans les solutions aqueuses où ils prennent naissance et leur précipitation

ne peut se faire qu'à la faveur de réactifs qui risquent de modifier non seulement les solubilités mais encore la nature même des équilibres existant dans la solution (addition d'HCl par exemple).

J'ai cherché à modifier le milieu dans lequel se fait l'oxydation du cobalt de façon que les précipitations se fassent spontanément ou qu'il suffise de diluer la solution par un liquide inerte tel que l'alcool.

Le chlorure de cobalt à deux molécules d'eau se dissout facilement dans la glycérine pure et j'ai pu ainsi employer comme solution de départ de la glycérine contenant 20^g de sel cobalteux pour 100^g de solution. Si à 85^g de ce mélange on ajoute 200$^{cm^3}$ d'ammoniaque à 20 pour 100 dans lesquels on a dissous 50^g de $ClNH^4$ le cobalt précipite presque totalement sous forme d'un composé jaune rosé qu'il est possible d'isoler en le filtrant et en le séchant à l'abri de l'air (composé A).

Dans le mélange ainsi obtenu on fait passer après refroidissement un courant d'air assez vif; à 18° l'oxydation devient visible par brunissement de la liqueur au bout d'une demi-heure et elle se poursuit régulièrement avec dissolution du précipité initial; au bout de 16 à 17 heures celui-ci a complètement disparu et la solution brune obtenue tient en suspension de petites quantités d'un précipité rouge. On filtre et le liquide est alors additionné de deux fois son volume d'alcool à 95°; il se fait une abondante précipitation : on filtre, lave à l'alcool et à l'éther et l'on conserve en atmosphère sèche (composé B).

1. *Composé* A. — Ce corps cristallisé en octaèdres a pour formule $CoCl^2(NH^3)^6$, c'est l'hexammine cobalteuse déjà préparée par Frémy et par Naumann [1]. Ce corps décomposable par l'eau avec précipitation d'hydroxyde n'est stable que dans l'ammoniaque au moins cinq fois normale. Dans ces conditions sa conductibilité moléculaire, mesurée à la dilution de 1/1000e normale, a pour valeur 260, ce qui correspond à deux ions rapides et un ion lent. Il se conduit donc comme un complexe

$$[Co(NH^3)^6]Cl^2.$$

2. *Composé* B. — Il se présente sous forme d'une poudre brun clair décomposable par l'eau et les solutions acides, stable en solution ammoniacale même diluée. L'analyse donne

Co, 23,6 pour 100; NH^3, 34 pour 100; Cl, 28,6 pour 100,

---

[1] Frémy, *Ann. Chim. Phys.*, 35, 1852, p. 257; Naumann, *Ber. d. chem. Ges.*, 42, 1909, p. 3789.

d'autre part, sa décomposition par l'eau se fait avec départ d'oxygène et la quantité de gaz libérée est de 11^{l} pour deux atomes de cobalt. Ce fait indique que la molécule contient donc au moins deux atomes de cobalt et la formule brute la plus simple se trouve alors être $Co^2(NH^3)^{10}OCl^4.3H^2O$; cette composition est compatible avec une formule d'ion dinucléaire tétravalent conforme à la systématique de Werner et l'on peut le formuler

$$[(NH^3)^5Co-O-Co(NH^3)^5]Cl^4.3H^2O.$$

Il reste à examiner si cette formule correspond à ses principales propriétés.

a. La décomposition par l'eau libère la moitié du cobalt à l'état d'hydroxyde divalent : de même l'attaque par une solution de HCl normale libère la moitié du cobalt à l'état de chlorure cobalteux cependant que, pour 2^{at} de Co, 6^{mol} NH^3 sont transformées en $ClNH^4$. D'autre part, si la décomposition est faite par la quantité juste suffisante de HCl normal, il reste un produit de la réaction à l'état solide : ce corps a pour formule $[Co(NH^3)^4OHCl]Cl$.

Cette dissymétrie des deux atomes de cobalt ne s'explique que difficilement si l'on admet la formule écrite plus haut de même que l'on s'explique assez mal la formation d'un ion tétrammine alors que la coupure de la molécule fait ressortir des ions pentammines.

b. S'il n'est pas possible de mesurer la conductibilité moléculaire du composé dans l'eau, on peut le faire dans l'ammoniaque normale : l'électrolyte résultant étant un électrolyte fort, on peut appliquer la règle d'addition des conductances. A la dilution de $1/1000^e$ normal, on trouve pour conductibilité moléculaire 300, ce qui correspondrait à trois ions, peut-être à quatre, mais certainement pas à cinq comme le voudrait la formule citée plus haut.

En résumé, la formule proposée ne semble guère rendre compte des propriétés du corps en question; il semblerait plus logique d'admettre dans sa formule la préexistence d'un groupement tétrammine, d'autre part il ne doit posséder que deux chlores ionisables : sous forme dualistique, on pourrait écrire $[Co_{II}(NH^3)^6]Cl^2$, $[Co_{IV}(NH^3)^4OCl^2]$, $3H^2O$.

On aurait en somme affaire à un sel double constitué par l'association de l'hexammine cobalteuse avec un non-électrolyte à atome de cobalt tétravalent octocoordiné. Mais le fait que la conductibilité du composé est de 300, alors que celle de l'hexammine cobalteuse n'est que de 260, montre que très probablement les deux groupements à cobalt di et tétravalent sont réunis

dans un même ion complexe, par exemple

$$\{[Co_{II}(NH^3)^6], [Co_{IV}(NH^3)^4 O Cl^2]\} Cl^2, 3 H^2O.$$

Quant aux molécules d'eau, en raison de la facilité avec laquelle le corps se décompose quand on élève la température, nous n'avons aucun moyen de savoir si elles appartiennent tout ou partie à l'ion complexe ou non. L'une d'elles pourrait y entrer; on aurait alors la formule

$$\{Co_{II}(NH^3)^6 [Co_{IV}(NH^3)^4 O Cl^2] H^2O\} Cl^2, 2 H^2O,$$

avec deux cobalts octocoordonnés.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation des aldéhydes-alcools α.* Note [1] de M. **Pierre Fréon**, présentée par M. Delépine.

Les aldéhydes-alcools α sont des corps relativement peu connus et difficiles à préparer. Il n'existe pas actuellement de méthode générale de préparation; seules certaines méthodes ont permis d'obtenir quelques termes.

Nous avons pensé préparer des aldéhydes-alcools α, en condensant l'isonitrosoacétone, avec des composés organomagnésiens

$$\underset{\substack{\| \quad \|\\ O \quad NOH}}{CH^3-C-CH} \xrightarrow{+RMgX} \underset{\substack{| \quad \|\\ XMgO \quad NOMgX}}{CH^3-\overset{\substack{R\\|}}{C}-CH} \xrightarrow{+H^2O} \underset{\substack{| \quad \|\\ OH \quad NOH}}{CH^3-\overset{\substack{R\\|}}{C}-CH,}$$

puis en hydrolysant l'oxime ainsi obtenue.

Diels et Ter Meer [2] ont essayé, de façon analogue, de préparer des cétones-alcools α en partant de l'isonitrosométhyléthylcétone. Sans donner de détails sur leurs travaux, ces auteurs disent que la réaction ne donne rien. Ils n'ont pu obtenir la réaction normale qu'après éthérification de la fonction oxime; mais, dans ce cas, la régénération de la fonction cétone a été impossible. D'autre part, Orékoff et Tiffeneau [3] ont montré qu'avec les isonitrosoacétones aromatiques, la condensation magnésienne a lieu d'une façon normale et donne naissance aux oximes-alcools tertiaires : $(C^6H^5).C(R.)(OH).CH(:NOH)$ et $(C^6H^5).C(R)(OH).C(:NOH)(C^6H^6)$;

(1) Séance du 21 janvier 1935.

(2) *Berichte der deutsch. chem. Gesell.*, **42**, 1909, p. 1940.

(3) *Bull. Soc. ch.*, 4e série, **41**, 1927, p. 839.

mais ces auteurs ne paraissent pas avoir essayé d'hydrolyser la fonction oxime de ces corps.

Ne voyant pas de raison pour que la réaction de Grignard ne s'applique pas aux isonitrosoacétones de la série grasse, nous avons repris le travail de Diels et nous avons constaté que la réaction se produit normalement. Il faut employer un excès de dérivé organomagnésien, une molécule étant détruite par l'atome d'hydrogène mobile de la fonction oxime. Nous avons ainsi obtenu, en condensant l'isonitrosométhyléthylcétone $CH^3-CO-\underset{\underset{NOH}{\|}}{C}-CH^3$, successivement avec l'iodure de méthylmagnésium et le bromure de butylmagnésium, les oximes des cétones alcools

$$(CH^3)^2 : C(OH).C(: NOH).CH^3 \quad \text{et} \quad C^4H^9.C(CH^3)(OH).C(: NOH).CH^3.$$

L'hydrolyse de ces composés par l'acide oxalique dilué, nous a conduit facilement aux cétones-alcools α elles-mêmes :

$$(CH^3)^2 : C(.OH).CO.CH^3 \ (^1) \quad \text{et} \quad C^4H^9.C(CH^3)(OH).CO.CH^3 \ (^2).$$

Appliquant cette méthode à l'isonitrosoacétone : $CH^3.CO.CH(:NOH)$, nous avons préparé, par condensation avec le bromure de butyl-normal-magnésium, l'oxime de l'aldéhyde-alcool α correspondante, bouillant à 105°-107° sous $3^{mm},5$:

$$\underset{\underset{O}{\|}}{CH^3-C}-\underset{\underset{NOH}{\|}}{CH} \xrightarrow{+C^4H^9MgBr} CH^3-\overset{\overset{C^4H^9}{|}}{\underset{\underset{BrMgO}{|}}{C}}-\underset{\underset{NOMgBr}{\|}}{CH} \xrightarrow{+H^2O} CH^3-\overset{\overset{C^4H^9}{|}}{\underset{\underset{OH}{|}}{C}}-\underset{\underset{NOH}{\|}}{CH}$$

L'hydrolyse ultérieure de ce produit, par l'acide sulfurique dilué, nous a donné, avec un bon rendement, l'aldéhyde-alcool α attendu : $C^4H^9.C(CH^3)(OH).CHO$ bouillant à 86°-88° sous 35^{mm}, et donnant une semi-carbazone qui fond à 142°-143°. Une proportion moins importante d'aldéhyde éthylénique

$$C^3H^7.CH : C(CH^3).CHO,$$

provenant d'une déshydratation partielle de la fonction alcool tertiaire se

(1) Corps déjà préparé par Schmidt et Austin, *Berichte, d. chem. Ges.*, 35, 1902, p. 3724.

(2) Corps déjà préparé par Leers, *Bull. Soc. ch.*, 4e série, 39, 1926, p. 423-424.

forme aussi au cours de l'hydrolyse. Ce dernier corps bout à 72°-74° sous 39^{mm} et donne une semi-carbazone qui fond à 183°-184° et une paranitrophénylhydrazone fondant à 148°-149°.

On voit donc que la réaction de Grignard se produit normalement avec les cétones α isonitrosées. Avec l'isonitrosométhyléthylcétone, on est conduit aux cétones alcools de la forme $R - C(CH^3)(OH).CO.CH^3$, tandis que l'isonitrosoacétone donne les aldéhydes-alcools α de formule générale :

$$R - C(CH^3)(OH).CHO,$$

dont seules sont connues celles où le radical R est le radical méthyle CH^3 et le radical pseudobutyle $(CH^3)^3C$.

Les travaux sont suivis en vue de généraliser cette méthode.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la condensation de l'alcool isopropylique avec le toluène et quelques dérivés de substitution.* Note [1] de M. **Gérard Desseigne**, présentée par M. Delépine.

I. *Action de l'alcool isopropylique sur le toluène.* — La réaction des alcools sur les carbures aromatiques en présence d'acide sulfurique a été signalée pour la première fois par Verley [2] qui a réalisé la fixation du groupe pseudobutyle sur le benzène et le toluène. Plus récemment, H. Meyer et K. Bernhauer [3] ont montré que la méthode s'appliquait aussi à l'alcool isopropylique. Ils ont également remplacé le benzène et ses deux premiers homologues, par des dérivés chlorés et des phénols. Par contre, la fixation du radical alcoyle sur les dérivés nitrés et sulfonés par la méthode de Verley n'a pas encore été signalée.

Dans le cas particulier du toluène et de l'alcool isopropylique, H. Meyer et K. Bernhauer ont utilisé de l'acide sulfurique à 80 pour 100 et ont obtenu du para-cymène pur avec un rendement de 35 pour 100. En reprenant l'étude de cette préparation, dans des conditions voisines des leurs, j'ai observé que la majeure partie de cymène formé restait en solution sous forme de dérivé sulfoné. Si on libère le carbure, par entraînement à la vapeur d'eau vers 150-160°, le rendement en dérivé monosubstitué s'élève à 82 pour 100, avec un taux d'alcoylation de 96 pour 100.

---

(1) Séance du 21 janvier 1935.

(2) *Bull. Soc. chim.*, 3e série, **19**, 1898, p. 67.

(3) *Monatsh. f. Chem.*, **53-54**, 1929, p. 721.

Le cymène obtenu donne, par ébullition à reflux avec de l'acide nitrique étendu, un mélange d'acide ortho et téréphtalique. La substitution s'effectue donc simultanément en ortho et para, contrairement à ce qui était indiqué. La densité du cymène obtenu ($D_4^{20} = 0,866$) est effectivement intermédiaire entre celles de l'ortho et du paracymène.

II. *Action de l'alcool isopropylique sur l'acide toluène parasulfonique.* — La position para étant bloquée, le radical isopropyle se fixe exclusivement en ortho. On obtient ainsi, après désulfonation, un mélange d'orthocymène et de diisopropyltoluène symétrique 1.2.6.

On dissout 380^g d'acide toluène parasulfonique cristallisé dans 2^{kg} de SO^4H^2 à 93 pour 100 et ajoute, en refroidissant, 120^g d'alcool isopropylique. On laisse reposer 48 heures à 40°, puis étend avec 500^{cm^3} de H^2O, et entraîne à la vapeur en maintenant le point d'ébullition du liquide à 150-160°. La désulfonation dure environ 6 heures. On décante, distille d'abord à pression atmosphérique pour éliminer le toluène non transformé, puis sous 15^{mm} avec une colonne Vigreux de 40 à 50^{cm}.

On récupère ainsi 59^g de toluène et obtient 86^g ($0^{mol},64$) d'orthocymène, 102^g ($0^{mol},58$) de diisopropyltoluène-1.2.6 purs, soit un rendement total de 90 pour 100 par rapport à l'alcool.

Constantes physiques.

Orthocymène	$Eb_{754} = 176°,6$	$D_4^{20} = 0,8754$	$n_D^{19} = 1,5022$
Diisopropyltoluène-1.2.6	$Eb_{770} = 228°,7$	$D_4^{20} = 0,8768$	$n_D^{18} = 1,5040$

III. *Action de l'alcool isopropylique sur le toluène orthonitré.* — Par nitration du *p*-cymène, selon la méthode d'Andrews (¹) à — 5°, je n'ai pu dépasser le rendement de 55 pour 100 en dérivé mononitré. Il se forme toujours une quantité importante de dérivé dinitré.

J'ai tourné la difficulté en appliquant la synthèse de Verley à la fixation du groupe isopropyle sur le toluène orthonitré.

Le mode opératoire est le suivant : dans 1^{kg} de SO^4H^2 à 93 pour 100, on coule 343^g ($2^{mol},5$) d'orthonitrotoluène, puis ajoute en refroidissant 60^g (1^{mol}) d'alcool isopropylique. On laisse reposer 48 heures à 35-40°. Le mélange se sépare peu à peu en deux couches. On verse la totalité sur 1^{kg} de glace, lave la couche organique décantée avec une solution concentrée de CO^3K^2 et distille sous 15^{mm} avec une colonne à anneaux Raschig de 75^{cm}. On obtient 125^g de nitro-cymène, soit un rendement de 70 pour 100 de la théorie par rapport à l'alcool. $Eb_{15} = 134°$, $D_4^{20} = 1,073$, $n_D^{20} = 1,5308$

L'aminocymène correspondant s'obtient par réduction au fer en présence de chlorure ferreux à 90-95° ($R^t = 94$ pour 100). $Eb_{15} = 121°$, $D_4^{20} = 0,949$, $n_D^{20} = 1,5423$.

(¹) *J. of Ind. Eng. Chem.*, **10**, 1918, p. 453.

Ces constantes sont identiques à celles du 2-amino-*p*-cymène obtenu à partir du para-cymène. Point de fusion de leurs chlorhydrates 216° et 214-215°, respectivement [1]. L'identité du produit obtenu avec ce corps est donc établie et correspond à la substitution du radical isopropyle en méta par rapport à NO^2 et en para exclusivement par rapport au groupe méthyle. Il se forme en outre 27 pour 100 de 2-nitro-4.6-diisopropyl-toluène : $Eb_{15} = 158°$; $D_4^{20} = 1,020$; $n_D^{20} = 1,5218$, qui donne par réduction l'amine correspondante : $Eb_{15} = 149°$; $D_4^{20} = 0,934$; $n_D^{20} = 1,5332$. P. F., dér. acétylé, 118°; P. F., chlorhydrate, 226-228°.

IV. *Action de l'alcool isopropylique sur le toluène paranitré.* — La même méthode s'applique au toluène paranitré. On obtient ainsi le 4-nitro-orthocymène dont la préparation n'a pas encore été signalée. La vitesse de réaction est, dans ce cas, beaucoup plus faible. L'acide sulfurique à 80 pour 100 ne donne aucune réaction. Avec l'acide à 93 pour 100, en opérant dans les mêmes conditions que ci-dessus, il faut élever la température à 70-80°.

Rendement en 4-nitro-orthocymène, 52 pour 100 de la théorie par rapport à l'alcool. $Eb_{15} = 144\text{-}145°$; $D_4^{20} = 1,078$; $n_D^{20} = 1,543$.

L'amine correspondante s'obtient par réduction au fer à 50°-60° ($R^1 = 93$ pour 100) : $Eb_{15} = 123°$; $D_4^{20} = 0,9568$; $n_D^{20} = 1,5505$; P. F., dér. acétylé, 103°; P. F., chlorhydrate, 233°.

La substitution du radical isopropyle s'effectue donc encore en méta par rapport à NO^2, mais en ortho par rapport au groupe méthyle, la position para étant occupée.

Il se forme également une petite quantité de 4-nitro-2.6-diisopropyltoluène symétrique : $Eb_{11} = 168°$, P. F. (recristallisé dans l'alcool), 61°.

Par réduction au fer ou au zinc amalgamé, on obtient l'amine correspondante : $Eb_{14} = 146°$; $D_4^{20} = 0,952$; $n_D^{20} = 1,5412$; P. F., dér. acétylé, 162°; P. F., chlorhydrate, 245°-247°.

---

(1) WALLACH, *Annalen der Chemie*, 279, 1894, p. 368, indique 207°; LE FÈVRE, *J. of Chem. Soc.*, 1933, p. 983, 209°-212°.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse d'un acide méthylméthoxytétrahydronaphtalénique, de l'acide naphtalénique correspondant et du 1.7-méthylnaphtol.* Note de MM. **Georges Darzens** et **André Lévy**, présentée par M. Marcel Delépine.

Nous avons montré la généralité de la cyclisation hydronaphtalénique de l'acide benzylallylacétique en l'appliquant à des dérivés alcoylés de cet acide [1]. Il y avait un intérêt à rechercher si cette même réaction pouvait s'appliquer à d'autres dérivés de substitution, et nous avons commencé cette étude par celle des dérivés méthoxylés.

Notre point de départ a été le chlorure de benzyle para-méthoxylé facile à préparer soit par l'action de HCl sur l'alcool anisique, soit par la condensation de l'anisol avec le formol en présence de HCl.

En faisant réagir ce corps sur l'ester malonique sodé suivant notre technique habituelle, nous avons obtenu l'anisylmalonate d'éthyle [formule (I)] liquide incolore qui distille à 178-180° sous 3^{mm}. Cet ester malonique traité dans les mêmes conditions par le bromure d'allyle, nous a ensuite donné, avec un rendement théorique, l'ester anisylallylmalonique [formule (II)] qui distille à 185-187° sous 3^{mm}.

CH_3—O—C_6H_4—CH_2—$CH(CO_2C_2H_5)_2$ (I).

CH_3—O—C_6H_4—CH_2—$C(CO_2C_2H_5)_2$—CH_2—CH=CH_2 (II).

La saponification de ce dernier ester, suivie de la décomposition par chauffage dans le vide vers 160° de l'acide malonique correspondant, donne l'acide anisylallylacétique [formule (III) accompagné d'une faible quantité d'une lactone (1 à 2 pour 100)]; on la sépare par l'action d'une solution de carbonate de sodium qui dissout l'acide et laisse la lactone que l'on extrait à l'éther. L'acide régénéré de la solution alcaline est un liquide visqueux distillant à 184° sous 3^{mm}, mais se transformant abondam-

(1) G. Darzens, *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 748; **190**, 1930, p. 1362; G. Darzens et Heinz, *ibid.*, **184**, 1927, p. 33; G. Darzens et A. Lévy, *ibid.*, **194**, 1932, p. 2056; **199**, 1934, p. 1426.

ment en la lactone précédente. Cette lactone est liquide et distille à 182° sous 4^{mm}; nous lui assignons la formule (IV), qui en fait une γ-lactone,

CH^2 — CH—CO^2H — CH^2 — CH = CH^2 ; CH^3—O (III).

CH^2 — αCH——CO — βCH² — O — γCH — CH^3 ; CH^3—O (IV).

CH^2 — αCH — CO — O — βCH² — δCH³ — γCH³ ; CH^3—O (V).

La cyclisation hydronaphtalénique de l'acide anisylallylacétique se réalise par l'action à froid de trois fois son poids d'acide sulfurique à 80 pour 100. On obtient d'abord une solution limpide, mais, au bout de quelques heures, il apparaît des cristaux qui envahissent la masse; après 48 heures, la réaction est terminée et l'on reprend le tout par une solution de carbonate de sodium à 10 pour 100 qui dissout l'acide cyclisé et laisse une lactone que l'on isole comme dans le cas précédent. Cette lactone est différente de la première, elle est cristallisée, fond à 57° et distille à 182° sous 4^{mm}. Nous lui assignons la formule (V) qui en fait une δ-lactone. Ces formules de constitution dérivent des faits suivants : la lactone (IV), traitée par H^2SO^4 à 80 pour 100, se transpose et donne environ 55 pour 100 d'acide cyclisé [formule (VI)] et 45 pour 100 de la lactone cristallisée; au contraire, cette dernière est complètement stable, l'acide sulfurique la dissout, mais sans lui faire éprouver la moindre transformation, en diluant cette solution, on la régénère intégralement.

L'acide cyclisé, ou méthylméthoxytétrahydronaphtalénique de formule (VI), fond à 123°, son ester méthylique fond à 53° et distille à 183° sous 11^{mm}, son ester éthylique est liquide et distille à 185° sous 11^{mm}.

La déshydrogénation de l'acide (VII) a présenté des difficultés inattendues, car il résiste à l'action du soufre et du sélénium, même à 350°. Par contre, les esters méthylique et éthylénique se déshydrogènent par le soufre dès la température de 270-280°. On obtient ainsi les esters de l'acide méthylméthoxynaphtalénique et, par saponification, l'acide correspondant

de formule (VII):

$CH^3—O—$ [noyau] $—CO^2H$ (VI), CH^3 → $CH^3—O—$ [noyau] $—CO^2H$ (VII), CH^3

→ $CH^3—O—$ [7] [noyau] [1] CH^3 (VIII). → $HO—$ [7] [noyau] [1] CH^3 (IX).

Cet acide fond à 218°, son ester méthylique fond à 94°, son ester éthylique fond à 85° et distille à 175° sous 2^{mm}.

Enfin, la décarboxylation de l'acide (VII) a pu être réalisée en chauffant son sel basique de baryum dans le vide et à 450°. On obtient ainsi le 1-méthyl-7-méthoxynaphtalène [formule (VIII)], corps à odeur forte et désagréable, fondant à 42° et distillant à 148-149° sous 11^{mm}, et dont le picrate fond à 123°. Par l'action de HI, ce corps donne enfin le 1.7-méthylnaphtol [formule (IX)] dont le benzoate fond à 108° et qui a déjà été obtenu par K. Dziewonski et T. Waszkowski [1] à l'aide d'une autre méthode.

MINÉRALOGIE. — *Sur la teneur en eau et la déshydratation des sépiolites.* Note [2] de M. **Georges Migeon.**

Les minéraux qui ont reçu les noms équivalents de sépiolite, magnésite ou écume de mer n'ont pas toujours été définis par des caractéristiques physiques ou chimiques précises ayant une valeur spécifique.

Nous avons repris l'étude des sépiolites au moyen de quatre procédés d'examen bien adaptés aux corps cryptocristallins : étude des variations en fonction de la température de la teneur en eau, du volume, des propriétés thermiques et du réseau cristallin. Le but, qui était de rechercher s'il existait des propriétés communes aux divers échantillons et pouvant servir de caractéristiques de l'espèce, exigeait l'examen d'un assez grand nombre

---

(1) *Bulletin Acad. polonaise*, A, 1929, p. 604, et *Chemical Abstracts*, 25, 1931, p. 1241.

(2) Séance du 28 janvier 1935.

d'échantillons. Une conclusion ne peut être tirée que sur le vu de l'ensemble des résultats expérimentaux obtenus.

Nous commençons ci-dessous l'examen succinct de ces résultats en nous limitant aux échantillons les plus purs et écartant ceux pour lesquels les propriétés spécifiques sont masquées par des impuretés que nos méthodes même nous ont permis de définir. Ces sépiolites ont les origines suivantes :

I. de Salinelle, cryptocristalline; II. Ampandrandava [1], cristalline fibreuse; III. Cabanas, cryptocristalline; IV. Vallécas, cryptocristalline; V. Coulommiers, cryptocristalline en plaquettes; VI. Schumla, cryptocristalline, type écume de mer; VII. Mogador, cryptocristalline.

Leur composition chimique, teneur en eau mise à part, est la suivante :

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.
	%	%	%	%	%	%	%
SiO^2........	68	68,06	69,96	68,31	67,06	68,29	63,50
MgO........	29,84	27,42	27,34	30,20	28,50	30,30	32,32
CaO........	0,79	0,26	0,8	–	2,09	0,76	1,16
Al^2O^3.......	0,96	0,70	0,60	1,77	0,98	–	1,38
Fe^2O^3.......	0,60	3 + 0,50 FeO	0,70	–	0,71	–	1,61
CO^2........	traces	–	–	–	1,39	–	–

Teneurs en eau exprimées en pourcentage de résidu sec pour faciliter les comparaisons des divers échantillons rangés dans le même ordre que ci-dessus.

Teneurs totales.

	29,83	30,20	25,63	26,42	26,91	36,74	33,30

Teneurs partielles.

Eau.......	—18,72	20,04	13,54	15,76	15,49	22,59	23,08
Eau.......	+11,11	10,16	12,09	10,66	11,42	14,15	10,22

Mode de départ de l'eau entre 120° *et* 1000°. — Ce mode a été déterminé en suivant la perte de poids d'une prise d'essai suspendue à une balance et placée dans un four à température variable, dont l'atmosphère était maintenue à une teneur en vapeur d'eau correspondant à la tension de vapeur saturée à 15°. Un procédé d'enregistrement optique a permis d'effectuer des déterminations continues avec loi de variation linéaire, l'intervalle 120°-1000° pouvant être parcouru dans des temps variant de 3 heures à 8 jours.

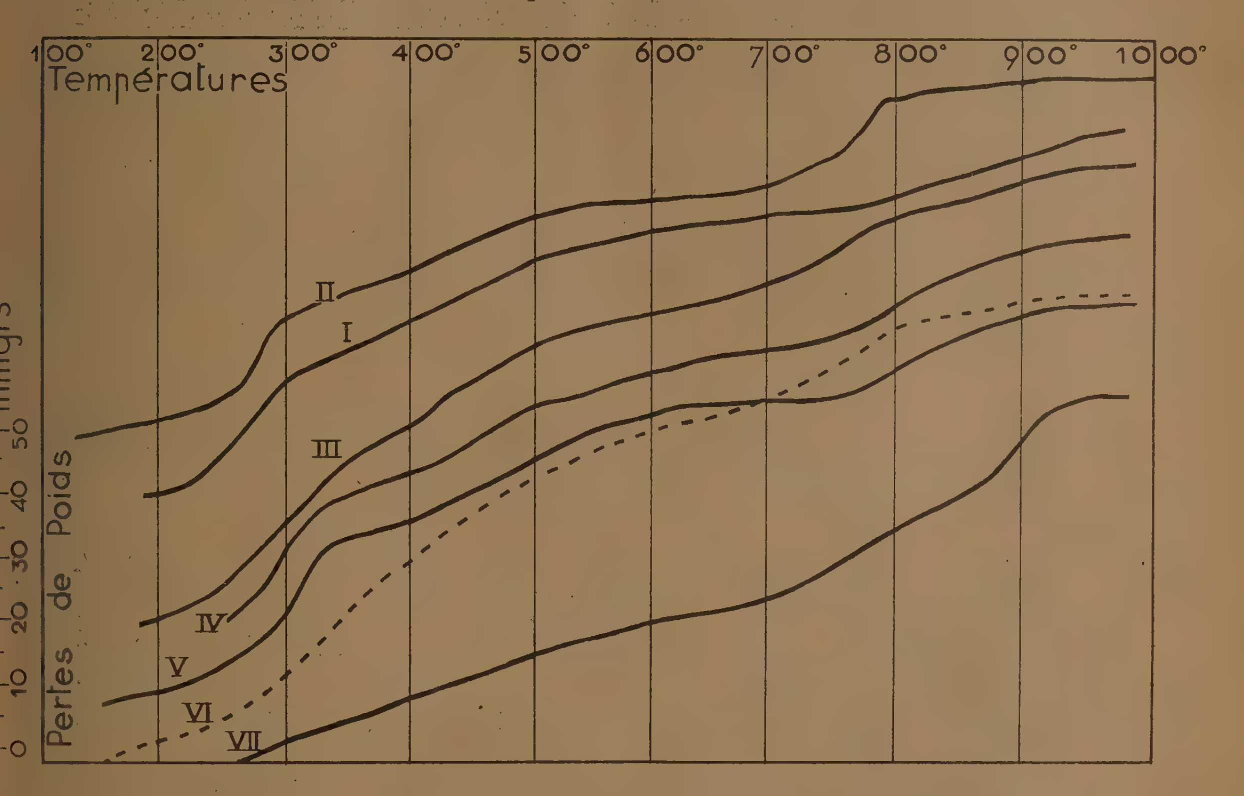
Des résultats obtenus nous extrayons les courbes correspondant aux sept échantillons précités, la montée de 120° à 1000° étant effectuée en 8 heures sur des prises d'essai préalablement desséchées à l'étuve à 120° jusqu'à équilibre.

L'aspect général de ces courbes montre immédiatement un fait important : pour

---

[1] Cette curieuse variété a été récemment décrite par Mlle Caillère (*Comptes rendus*, 196, 1933, p. 416).

tous ces échantillons, l'eau part progressivement en fonction de la température sans donner lieu à des discontinuités à la fois importantes et brusques. Le ralentissement, même très accentué, de la vitesse de variation de température modifie peu les courbes. Nous avons d'ailleurs vérifié par points ces états d'équilibre en maintenant fixes, pendant plusieurs jours, certaines températures échelonnées.



Les résultats qui précèdent conduisent aux conclusions partielles suivantes :

1° Les sépiolites, même d'apparence cristalline homogène, contiennent une quantité d'eau toujours importante mais variable, partant avant 120°. On a fréquemment discuté de la signification de cette eau et de l'utilité de la faire figurer dans la formule chimique représentative des sépiolites. Nous la considérons comme eau « hygroscopique » comme il est d'usage pour une eau aussi labile et en raison des fluctuations de teneur. Aucun fait, momentanément du moins, ne conduit à lui donner une qualité spécifique.

2° Les sépiolites ont une teneur en eau au-dessus de 120° assez constante représentant 10 à 11 pour 100 du corps à l'état sec.

3° Cette teneur rapportée à la composition moléculaire $3SiO^2.2MgO$ couramment admise pour les sépiolites et à laquelle correspondent assez bien les échantillons I à VI n'atteint jamais la valeur $2H^2O$. La représen-

tation concordant avec les résultats expérimentaux ci-dessus serait : $3SiO^2.2MgO.1,5H^2O$ pour les échantillons I à VI et $4SiO^2.3MgO.2H^2O$ pour l'échantillon VII.

4° Le mode de départ de cette eau montre qu'il n'existe pas d'hydrates bien définis à tension de dissociation nette, sous la forme où on les rencontre couramment dans le domaine minéral.

5° Les courbes de déshydratation montrent cependant des discontinuités ou des inflexions plus ou moins accentuées se produisant à des températures un peu variables d'un échantillon à l'autre, ayant une certaine régularité pour l'ensemble et situées vers les températures moyennes 330°, 550°, 750°.

La comparaison avec les autres procédés d'étude mis en œuvre accentue le caractère spécifique de ces anomalies et permet de les interpréter.

GÉOLOGIE. — *Les premiers Mollusques fossiles recueillis en Afrique équatoriale française, dans les formations du bassin intérieur du Congo.* Note de M. V. **Babet**, présentée par M. Douvillé.

Au cours du séjour que je viens de passer en Afrique équatoriale française, j'ai notamment exploré la partie méridionale des plateaux batékés. Cette région s'étend à l'est de celle que j'ai précédemment décrite [1]. La présente Communication n'a pour but que de signaler la découverte de fossiles dans les grès de Kounzoulou sur le bord du Congo, à une centaine de kilomètres au nord-est de Brazzaville.

Ce sont les premiers Mollusques fossiles trouvés en Afrique équatoriale française dans les formations intérieures du Bassin du Congo.

En amont du Stanley-Pool, le fleuve se resserre dans le *Couloir* dont les versants sont plus ou moins abrupts, parfois en falaises, et au sommet desquels s'étend, à une altitnde de 600-700^m, le plateau batéké, alors que le niveau du fleuve est à 280^m environ.

Le terrain est constitué par les grès blancs tendres du Loubilache, à stratification entre-croisée, recouverts par une épaisse formation sableuse plus ou moins remaniée.

Par places, surtout dans les vallées, on rencontre de gros blocs de roches calcédonieuses à aspect de meulières ou de quartzites dites *roches poly-*

(1) *Observations géologiques dans la partie méridionale de l'Afrique Équatoriale française* (*Thèse*, Paris, 1932).

morphes dues à la silification des grès tendres sous-jacents. Nous avons fréquemment observé le passage d'une forme à l'autre. Les blocs de roches polymorphes, mélangés à des galets et graviers, constituent sur le bord du Congo les dépôts de terrasses du fleuve.

La roche fossilifère en question a été trouvée sur le bord même du fleuve à 300^m environ en amont du poste à bois de Kounzoulou-Mélèze, parmi de gros blocs de roches polymorphes [1]. C'est un grès à grains de quartz plus ou moins arrondis, réunis par un ciment siliceux, calcédonieux. Il est rempli de Gastropodes qui ont été rapprochés du genre *Melania* par MM. Douvillé, Cottreau et Germain.

Les formes moyennes ont 15^mm de longueur et de 4 à 7^mm de diamètre au dernier tour. Ces coquilles présentent une série de cordons, ornés de petits tubercules; d'autres échantillons paraissent plutôt carénés. Parfois on aperçoit des stries transversales d'accroissement. Ces coquilles semblent appartenir à une même espèce. A côté des Melanies, nous avons observé des restes d'organisme, analogues à des bivalves, mais indéterminables.

Pour le moment, nous nous contenterons de dire que nous sommes ici en présence d'une formation d'eau douce, analogue à celle du mont Bunza, de la vallée de la Lubudi (Congo belge) et de la plaine de Cassange (Angola) décrite par Leriche [2], Polinard [3] et Mouta [4], où ont été trouvés des *Physes*, des *Paludines*, des *Planorbes*, des *Bulinus* et des restes de *Chara*. La *Melania* de Kounzoulou ne nous apporte pas d'indications précises d'âge. Suivant M. Douvillé, qui a bien voulu examiner nos échantillons, elle se rapprocherait de formes tertiaires.

Nous rappellerons que les couches supérieures du Loualaba-Loubilache datées sont attribuées au Rhétien. Il ne fait pas de doute que les formations du bassin intérieur du Congo, qu'il est convenu d'appeler Loubilache, cor-

---

(1) La présence de fossiles à Kounzoulou m'a été signalée par un prospecteur, M. Buffet, qui l'avait remarquée dans un tas de cailloux destinés à une construction. Après de longues recherches sur le bord du fleuve, j'ai trouvé la roche fossilifère à la pointe de Kounzoulou, d'où proviennent mes échantillons.

(2) *Ann. Soc. géol. de Belgique. Publ. relat. au Congo*, 50, fasc. 2, 1926-1927, p. 46-50; H. de Raw, *Ibid.*, 1926-1927, p. 38-44.

(3) *Ann. Soc. géol. de Belgique. Publ. relat. au Congo*, 55, 1931-1932, p. 63-82.

(4) A. Borges et F. Mouta, *Compte rendu, Intern. Geol. Congress*, *XVe Session South-Africa*, II, p. 186-209.

respondent à une série compréhensive englobant des formations post-rhétiennes, dont la partie supérieure est représentée par les formations d'eau-douce fossilifères précitées, auxquelles viennent s'ajouter celles de Kounzoulou.

Ces formations se rapprochent de celles connues plus au Sud, en Rhodésie, dans le bassin du Zambèze où ont été trouvées *Viviparus*, *Paludestrina*, *Melania* (?), *Limnea*, *Isidora* et *Chara* [1]. Il paraît aussi intéressant de rappeler qu'une faune similaire avec *Planorbis*, *Limnea*, *Isidora*, a été signalée bien plus au Nord par MM. Douvillé et Tilho, dans les dépôts récents de la région du Tchad [2].

GÉOLOGIE. — *Sur l'âge de l'horizon à lydiennes de la base du Carbonifère de la Montagne-Noire*. Note de MM. **Joseph Blayac**, **Rodolphe Böhm** et **Gaston Delépine**, présentée par M. L. Cayeux.

Le Carbonifère marin de la Montagne-Noire occupe la plus grande place dans l'aire synclinale qui couvre la partie sud-orientale de ce massif (voir Feuille géologique de Bédarieux au 1/80000e). En général, il débute au contact du Dévonien par un horizon de 10m à 15m d'épaisseur formé de lydiennes et de nodules phosphatés.

Comme dans les Pyrénées, cet horizon est bien viséen ou à la limite du Viséen et du Tournaisien, et non tournaisien selon l'opinion généralement admise sur la foi de J. Bergeron. Ce savant s'était surtout fondé sur la concordance apparente sinon réelle qu'on observe entre Lydiennes et Dévonien, car les seuls fossiles dont il avait pu disposer étaient des *Orthocères* et un *Glyphioceras* indéterminables [3].

L'âge viséen de la formation à lydiennes est basé sur la faune de Goniatites, objet de cette Note. Par ses recherches méthodiques l'un de nous, R. Böhm, a découvert cette faune dans les nodules phosphatés à Cabrières et à Saint-Nazaire-de-Ladarez (Hérault); elle comprend avec sept espèces de *Goniatites* différentes, des *Orthocères*, des *Crustacés phyllopodes et cirripèdes*, des débris de *Crinoïdes* et de *plantes* (bois flottés et *Lepidostrobus*).

---

(1) H.-B. Maufe, *Ann. Soc. géol. de Belgique. Publ. relat. au Congo*, 52, 1928-1929.

(2) H. Douvillé et Tilho, *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 1012.

(3) *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 27, 1899, p. 659.

Rüst a bien découvert dans les nodules de Cabrières [1] les mêmes Radiolaires que dans les lydiennes du Hartz; mais ils sont sans valeur stratigraphique comme les débris de *Bellerophon* et d'*Encrines* qu'y signale H. Théron [2]. A la Faculté de Montpellier se trouvent quelques nodules dans lesquels M. G. Delépine avait déjà reconnu les genres *Aganides* et *Pericylus*.

Voici quelques données sur les sept Goniatites de la nouvelle faune :

1° Nombreux spécimens d'*Aganides* dont une seule espèce a été reconnue : *A. ornatissimus* de Kon.. Le type provient des formations waulsortiennes du Comté de Limerick (Irlande); Douglas [3] a montré que certaines de ces formations sont du Tournaisien supérieur. Cette espèce se trouve dans les calcaires d'Erdbach-Breitscheid (Westphalie), équivalent latéral des calcaires à *Productus sublaevis* du Viséen inférieur [4].

2° Le genre *Pericyclus*, le plus abondamment représenté en individus et en espèces : *P. Kochi* Holz. espèce des calcaires d'Erdbach. Holzapfel y a rapporté aussi *P. fasciculatus* de Kon. du récif waulsortien des Pauquys (Belgique).

P. Hauchecornei Holz., espèce rare des calcaires d'Erdbach.

P. fasciculatus Mc Coy, commun à Saint-Nazaire-de-Ladarez. On l'a trouvé en Irlande et en Belgique dans le Waulsortien sans qu'on en puisse préciser le niveau tournaisien ou viséen. Holzapfel le signale à Erdbach sous le nom de *P. furcatus* Mc Coy.

Pericyclus sp. nov. : deux exemplaires, l'un de Cabrières, l'autre de Saint-Nazaire-de-Ladarez.

3° *Nomismoceras Frechi* Schm. : cinq exemplaires de Saint-Nazaire-de-Ladarez dont deux avec leur ligne de suture. Le type est du Viséen inférieur de Weitengrund (Sudètes) (H. Schmidt, *loc. cit.*, p. 497). *N. Frechi* est aussi dans le marbre noir du Viséen inférieur de Dinant [5].

4° *Protocanites* sp., genre connu avec certitude au Tournaisien supérieur : peut-être apparaît-il plus tôt et persiste-t-il aussi plus longtemps?

En résumé, nos Goniatites se répartissent ainsi :

(1) *Palaeontog.*, 38, 1891, p. 107.
(2) Zeiller, *Comptes rendus*, 148, 1909, p. 881.
(3) *Quart. Journ. G. S.*, 65, 1909, p. 538.
(4) Voir H. Schmidt, *Jahrb. preuss. Geol. Landes*, 44, 1925, p. 492.
(5) G. Delépine, *Livre jubil. Soc. geol. de Fr.*, 1930, p. 213.

	Tournaisien inf.	Tournaisien sup.	Viséen inf.	Viséen sup.
1. *Aganides ornatissimus* de Kon.		——	——	
2. *Pericyclus Kochi* Holz			——	
3. » *Hauchecornei* Holz			——	
4. » *fasciculatus* Mc Coy		——	....	
5. » *sp. nov.*				
6. *Nomismoceras Frechi* Schmidt			——	
7. *Protocanites* sp.	....	——	....	

Gisements. — 1, 3, 5, Saint-Nazaire-de-Ladarez, Cabrières; 2, 4, 6, 7, Saint-Nazaire-de-Ladarez.

Conclusions. — Cette faune comprend trois espèces certaines, connues seulement au Viséen, et trois autres existant déjà au Tournaisien supérieur. L'horizon à lydiennes de la base du Carbonifère de la Montagne-Noire se place donc à la partie la plus inférieure du Viséen; il correspond probablement à celui des calcaires à *Productus sublaevis* et des calcaires noirs de Dinant, Denée et Bachant qui, en Ardenne, forment la base de cet étage.

GÉOLOGIE. — *Sur la présence du Crétacé supérieur à la base de la série du Flysch du Sud de la province de Cadix.* Note [1] de M. **Albert Robaux**, présentée par M. Ch. Jacob.

Entreprenant l'étude du Nummulitique du Sud de l'Espagne, j'ai commencé par le Sud de la province de Cadix, où le Flysch présente le double intérêt de prolonger au Nord celui que MM. Fallot et Doncieux ont fait connaître dans le Rif espagnol [2], et d'avoir été élégamment cartographié par M. Juan Gavala [3], ce qui circonscrit les problèmes stratigraphiques.

Les Foraminifères recueillis ont été étudiés sous l'obligeante direction de M. Doncieux.

Les coupes relevées s'échelonnent sur 70^{km} entre le massif éruptif de la Sierra Bermeja, près d'Estepona, à l'Est, et par Algésiras, jusqu'à Médina-Sidonia, à l'Ouest. Elles révèlent, à la base du Flysch, un Crétacé supérieur certain.

---

(1) Séance du 28 janvier 1935.

(2) P. Fallot et Doncieux, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 76.

(3) J. Gavala, *Estrecho de Gibraltar*, Excursion A 1-XIVe Congreso geologico internacional, Madrid 1926 et carte au 1/100 000e de la province de Cadix (non en vente).

Un premier profil montre le contact de ce Flysch inférieur avec le pointement à Jurassique et à Crétacé inférieur pénibétiques, étudié par M. Blumenthal [1], à l'Ouest de Manilva. Il y apparaît de bas en haut :

1. Marnes grises ou rouges avec passées gréseuses, discordantes sur le Crétacé pénibétique; cette série, incomplète, n'a que quelques mètres.

2. Grès fins, gris ou brun noirâtre, assez calcaires, avec *Rosalina* sp., Orbitoïdés, Rotalidés, Globigérinidés, Textularidés, spicules d'Éponges et prismes d'Inocérames.

3. Brèche calcaire à gros éléments. Collée sur des grès à *Rosalina*, elle est stérile sur quelques décimètres, puis datée par des Nummulites du Lutétien inférieur.

L'assise 2 est certainement du Crétacé supérieur, et l'assise 1, qui lui est subordonnée, appartient aussi au Secondaire.

La puissance du niveau 2 ne peut être précisée ici, car les grès à Rosalines sont tronqués par du Nummulitique transgressif.

Une deuxième coupe a été relevée, à 12^{km} de la précédente, près du chemin muletier d'Estepona à Casares, au Cerro de Argüelles, au contact des péridotites de la Sierra Bermeja (zone bétique). Elle montre de bas en haut :

1° Marnes rouges et grises, azoïques, avec passées gréseuses vers le haut (150^m à 200^m).

2° Marnes plus généralement gris foncé, à passées très fréquentes de grès qui, dans le haut de la coupe, règnent seuls (40^m à 60^m). Ces grès m'ont fourni : *Rosalina* sp. (mauvais débris), des Orbitoïdés, Rotalidés, Textularidés et de très abondants prismes d'Inocérames. Ceux-ci, d'après M. Doncieux, s'ajoutent aux Foraminifères pour caractériser nettement le Crétacé supérieur rifain et l'on n'en trouve jamais ni dans l'Éocène, ni dans l'Oligocène. C'est de nouveau du Crétacé supérieur daté.

3° Calcaires et brèches du Lutétien inférieur transgressif. La retombée Nord du pli anticlinal qui montre cette coupe laisse apparaître encore des grès de Crétacé supérieur avec *Rosalina* sp., prismes d'Inocérames, etc., à quelques dizaines de mètres des péridotites de la Sierra Bermeja. La suite de la série a été enlevée là par l'érosion.

Vers Algésiras, on retrouve encore une succession analogue. Bien que

---

(1) M. Blumenthal, *Das Westende des Betikums Nördlich dem Campo de Gibraltar* (*Ass. pour l'étude géologique de la Méditerranée occidentale*, IV, n° 2. Part II, avril 1933, p. 1 à 44).

les grès fins n'aient rien révélé en plaque mince, l'analogie de cette formation avec les niveaux 1 et 2 des coupes précédentes et sa position identique sous le Lutétien inférieur permet de l'attribuer aussi au Crétacé supérieur.

Ce Flysch sous-jacent au Lutétien se poursuit dans le Campo de Gilbraltar, au moins jusqu'à la hauteur de San Pablo, et explique la monotonie des reliefs de cette région.

Vers l'Ouest, je l'ai observé jusqu'aux environs de Medina-Sidonia. Près de cette ville, au Risco de Jimenez, j'ai relevé une coupe, partant du Trias subbétique, montrant encore, à la base, des marnes et des grès surmontés par les brèches du Lutétien. Ces grès contiennent *Rosalina* sp., des fragments d'Orbitoïdés et des prismes très nombreux d'Inocérames. Ils sont donc bien d'âge Crétacé supérieur.

Le contact du Flysch du Crétacé supérieur avec le Subbétique de Medina-Sidonia, le Pénibétique de Manilva et le Bétique d'Estepona ne présente pas un aspect de transgression ou de rivage. Il paraît mécanique et les grès n'y montrent jamais d'éléments empruntés aux massifs voisins.

Alors que les auteurs considéraient tout le Flysch de ces régions comme nummulitique et que M. J. Gavala n'y avait identifié ou distingué que le Lutétien, puis les masses terminales, oligocènes, des grès de l'Algibe, on voit que la série est en réalité plus complète.

A la base, un Flysch crétacé, sans doute Sénonien, apparaît sur 70^{km} de l'Est à l'Ouest et sur au moins 40^{km} du Sud au Nord. Il nous fournit, sous un faciès assez analogue, une réplique du Flysch sénonien décrit en bordure de l'arc calcaire du Rif par MM. Fallot et Doncieux (*loc. cit.*).

Le Nummulitique transgressif sur le Crétacé est, de même, plus complet qu'on ne le croyait jadis et fera l'objet d'une prochaine étude.

HYDROLOGIE. — *Sur l'expérience à la fluorescéine au gouffre du Paradis* (*Doubs*). Note de M. E. **Fournier**.

Au sud-est de Besançon la zone tectonique des Grands Plateaux du Jura dubisien possède dans les parages de Mamirolle et de l'Hôpital du Gros-Bois, de nombreux abîmes dont les deux plus importants sont les gouffres du Paradis et du Lachenau. Mes explorations de 1898 et 1899 avaient pénétré jusqu'à environ 200^{m} de profondeur dans celui du Paradis, à travers les étages bathoniens et bajociens. Des difficultés presque insurmontables n'avaient pas permis d'en atteindre le fond. Il en fut de même en 1930 et

1931 des nouvelles tentatives de MM. de Joly et André Contejean, contrariées par le mauvais temps et par de véritables crues d'eaux souterraines.

Or il y avait grand intérêt, au point de vue hygiénique et industriel à savoir à quelles résurgences débouchent les eaux que ces gouffres engloutissent dans les périodes pluvieuses.

En 1933 M. E.-A. Martel, président de la Section d'hydrologie du Comité national de Géodésie et Géophysique, me proposa donc d'effectuer, avec une subvention de cette section une expérience de coloration avec 20^{kg} de fluorescéine au Gouffre du Paradis. La sécheresse des deux étés de 1933 et 1934 ne permit de réaliser l'essai que le 6 novembre 1934 dans des conditions d'ailleurs excellentes, le ruisselet à l'orifice du Paradis débitant environ un litre par seconde.

20^{kg} de fluorescéine, dissoute dans l'eau additionnée de 10 *litres d'ammoniaque* furent déversés de 15^h à 16^h30^m et à partir du lendemain, on mit les résurgences en surveillance, sous la direction de M. l'Ingénieur du service vicinal à Orans, M. Bétant, à qui nous adressons nos très vifs remercîments.

Les *résurgences,* avec un *débit très abondant*, étaient extrêmement troubles, ce qui obligea à procéder à une *filtration préalable*, pour l'examen fluorescopique.

La première coloration fut constatée le 11 novembre à 15^h par M. Contejean, au *Puits de la Brême :* pas encore visible à l'œil nu, elle était, par contre, *très nette*, au fluorescope. Le 12 novembre à 8^h30^m, elle reste douteuse à l'œil nu, mais *plus nette encore* au fluorescope; le 13 novembre à 8^h, elle est faible à l'œil nu et commence à décroître au fluorescope; le 14 novembre à 8^h, on ne perçoit plus qu'une *teinte très faible* au fluorescope. Enfin, les échantillons des 15, 16 et 17 novembre se montrent *complètement négatifs*. La coloration a donc mis 5 jours à faire le trajet du *Gouffre au Puits de la Brême* (distance 5^{km} environ. Différence d'altitude 200^m environ), et a persisté à cette résurgence *pendant au moins 3 jours*. Une expérience faite en 1899 dans les *entonnoirs du Leubot* avait déjà montré que ces pertes *vont également au Puits de la Brême*.

Quant aux résurgences sur la rive droite de la Loue, à l'aval de Maizières, la *Source des îles*, fit voir la coloration nettement *visible à l'œil nu*, le 14 novembre à 8^h, *très intense* au fluorescope; elle s'est maintenue dans l'échantillon du 15 novembre à 7^h30^m, mais celui du 16 à 7^h30^m donne un résultat absolument négatif. Donc la coloration a mis 8 *jours* pour aller du Gouffre à la *Source des Iles* (distance 7^{km}, dénivellation 220^m environ), elle a duré deux jours, avec apparition et disparition brusques.

A la Source de *l'Écoutot* ou des *Accoutots*, la coloration apparaît le 12 novembre, à 11^h30^m du matin, douteuse à l'œil nu mais *nette* au fluorescope; le 13 novembre à 8^h du matin, on commence à la voir à l'œil nu et elle *s'accentue* encore au fluorescope; elle faiblit, les 14 et 15 et le 6 à 8^h elle a complètement disparu. Le trajet a donc duré 6 jours et la coloration un *peu plus de 3 jours* avec *disparition progressive* (distance, 7^{km} environ; dénivellation, 220^m environ).

Enfin, à la *Source du Maine*, une *teinte douteuse* apparaît au fluorescope, le 13 à 8^h et devient très nette le 15 à 7^h30^m, pour s'atténuer beaucoup le 16 à 7^h30^m. Durée du trajet 7 jours, et de 2 jours pour la coloration *peu intense*. La Source du Maine a donc été le moins fortement atteinte. Mon essai de 1896 avait déjà montré que cette source reçoit un bien plus fort appoint venant *des Marais de Saône*, passant au fond du puits de la *Belle Louise*.

Cette expérience de 1934 confirme toutes mes anciennes prévisions relatives aux *résurgences* de cette région et à *l'anastomose* des réseaux souterrains du *Paradis*, du *Leubot* et de la *Belle Louise*.

Les résurgences étant multiples, il serait bien difficile d'utiliser comme *réservoirs* les cavités *souterraines* de ces réseaux, bien qu'elles aient certainement une *capacité considérable*. La très grande variabilité *des débits* ferait aussi obstacle à leur utilisation éventuelle.

Enfin, il faut conclure une fois de plus (comme après les expériences du Doubs à la Loue en 1910, Martel et Fournier avec 100^{kg}; et du Trou di Toro aux *Goueils de Jouécu en* 1931, N. Casteret, avec 60^{kg}) qu'il y a toujours lieu d'employer des *quantités de matières colorantes très considérables :* les 20^{kg} du Paradis auraient risqué de passer inaperçus si je n'avais pas été fixé *à l'avance sur les points* où les colorations devaient avec toutes probabilités reparaître tout au moins au fluorescope. Si donc, on renouvelle un jour l'expérience, soit au *Lachenau*, qui appartient au même réseau, il sera opportun d'opérer avec 50^{kg} de fluorescéine au lieu de 20^{kg}.

PALÉONTOLOGIE. — *Répartition et valeur stratigraphique de* Nummulites uroniensis *A. Heim (de la Harpe) en Égypte et dans le bassin méditerranéen.* Note [1] de M. **Jean Cuvillier**, présentée par M. H. Douvillé.

Nummulites uroniensis A. Heim [2] (de la Harpe) [3], que Boussac [4] avait fait rentrer dans la synonymie de *N. perforatus* de Montf., a aujourd'hui retrouvé une individualité qu'on ne lui conteste plus guère; pourtant les travaux récents ne s'accordent pas encore sur la question de savoir si l'on doit en faire une espèce particulière [5] ou simplement la considérer comme une mutation de *N. aturicus* Joly et Leym [6] (= *N. perforatus* de Montf.).

Cette espèce, car je suis plutôt tenté de l'élever à ce rang, est représentée dans l'Éocène égyptien; elle y est signalée pour la première fois par M. H. Douvillé en 1929 [7], provenant du Gebel Raha au Sinaï et rapportée par cet auteur au Lutétien inférieur pris pour équivalent des couches supérieures de l'étage Libyen de Zittel. Un an plus tard, *N. uroniensis* était mentionnée au Gebel Géneffe, au N.-W. de Suez, dans les calcaires surmontés par le banc à *N. gizehensis* Forsk, et attribués encore par M. H. Douvillé [8] aux formations antérieures au Mokattam inférieur, assimilé au Lutétien supérieur.

J'ai, depuis, plusieurs fois retrouvé ce foraminifère dans le Nummulitique égyptien; je l'ai cité en 1930 [9] provenant des couches de la pierre à bâtir du Gebel Mokattam ainsi que des sédiments de même âge du plateau des pyramides de Gizeh; dans ces deux localités, *N. uroniensis* situé dans des dépôts plus récents que le banc à *N. gizehensis*, se place nettement dans le Lutétien supérieur. En ce qui concerne les échantillons que Menchikoff avait récoltés à mon intention dans une localité au N.-W. de Baharia, je

---

(1) Séance du 28 janvier 1935.
(2) *Abh. d. schweiz. paleont. Ges.*, 35, 1909, p. 223-226, pl. 1 et suiv.
(3) *Mém. Soc. paléont. Suisse*, 10, 1883, pl. 3, fig. 1-3.
(4) *Mém. Cart. géol. Fr.*, 1911 p. 73.
(5) De Lapparent, *Bull. de Géol. Fr.*, 5e série, 4, 1934, p. 79.
(6) L. Doncieux, *Bull. Inst. Catal. d'Hist. nat.*, 32, nos 4-6, 1933, p. 1-7.
(7) *C. R. Soc. géol. Fr.*, 4e série, 20, 1920, p. 45-46, et 21, 1921, p. 133-135.
(8) *C. R. Soc. Géol. Fr.*, 4e série, 20, 1920, p. 106-107.
(9) *Mém. Inst. Eg.*, 16, pl. 14, fig. 6 et 13, 1930, p. 140 et suiv.

crois devoir les attribuer à *N. aturicus* type plutôt qu'à de véritables *N. uroniensis*.

D'autres gisements m'ont récemment fourni de nouveaux exemplaires de cette nummulite; je l'ai rencontrée dans l'oasis de Mouellah ([1]) au même horizon, vers la partie supérieure de l'Éocène moyen, en compagnie de *N. laevigatus* Brug; elle est aussi représentée dans les calcaires qui forment sur le flanc sud, les berges de l'ouadi el Tih, à l'Est de Méadi, à un niveau à peu près constant dans le Mokattam inférieur.

Telle paraît d'ailleurs être souvent sa position stratigraphique dans tout le bassin méditerranéen oriental; en Palestine, Picard ([2]) l'a récoltée au Gebel Abou Madwar avec *N. atacicus* Leym. var. *Beaumonti* d'Arch, au-dessus des couches à *N. gizehensis* Forsk., comme aux environs du Caire; au Mont Hébal, au N. de Naplouse ainsi qu'au Mont Garizim, cependant, c'est dans les formations sous-jacentes au niveau à grandes nummulites que Roman et Doncieux ([3]) ont, comme dans la région de Suez, identifié *N. uroniensis*. Si l'on veut être logique, et prendre pour type du Mokattam inférieur la série de base des sédiments du Gebel Mokattam, il faut d'ailleurs déjà situer dans le Lutétien supérieur cet horizon qui supporte la couche à *N. gizehensis*; il est effectivement représenté dans cette localité où il contient les fossiles que Barthoux ([4]) attribue encore au Libyen, *Natica* (*Cepatia*) *cepacea* Lmk, *Voluta arabica* M. E., *Ampullina* cf. *parisiensis* d'Orb., *Ampullina* cf. *Oweni* d'Arch., qui sont autant de formes caractéristiques des *Mokattamstufe*.

Autour du lac de Janina où Dalloni ([5]) l'a recueillie en compagnie de *N. complanatus* Lmk, *N. uroniensis* appartient probablement aussi au Lutétien moyen ou supérieur. En Bulgarie dans les environs de Varna, Gocev ([6]) signale ce fossile associé à une faune de foraminifères dont les affinités avec celle du Mokattam inférieur d'Égypte sont incontestables.

Il semble bien, par contre, que cette nummulite soit plutôt cantonnée dans le Lutétien inférieur du bassin méditerranéen occidental; on la retrouve, en effet, dans les Alpes-Maritimes ([7]), dans le bassin de

---

([1]) Échantillons déterminés par M. Doncieux.

([2]) *Centr. f. Min.*, n° 1, Abt. B, 1934, p. 23.

([3]) *C. R. S. Soc. Géol. Fr.*, 4e série, 14, 1927, p. 171-172.

([4]) *C. R. S. Soc. Géol. Fr.*, 4e série, 21, 1921, p. 104-105.

([5]) *Bull. Soc. Geol. Fr.*, 4e série, 23, 1923, p. 285.

([6]) *Zeitsch. d. Bulg. Geol. Gesells.*, 5, 1933, p. 25 et 70, pl. 1, fig. 10.

([7]) De Lapparent, *loc. cit.*

l'Adour (¹), en Espagne (²), dans le Rif marocain (³), etc., associée à des formes plus généralement caractéristiques du Lutétien ancien, telles *N. irregularis* Desh., *N. atacicus* Leym. J'ai déjà eu l'occasion (⁴) de faire remarquer cette différence sensible dans les âges respectifs de foraminifères représentés à la fois dans les régions extrêmes du géosynclinal méditerranéen; elle se trouve réalisée aussi pour *N. lævigatus*, espèce qui n'a dû arriver dans la zone égyptienne, en compagnie de *N. uroniensis* et de *N. Lucasi* d'Arch., que dans la seconde moitié de l'Éocène moyen.

PATHOLOGIE VÉGÉTALE. — *Influence de certains dérivés de la quinoléine sur la végétation.* Note [5] de MM. **Fron** et **Monchot**, présentée par M. Mangin.

L'étude de quelques composés antiseptiques organiques nous a amené à porter notre attention sur les dérivés de la quinoléine et tout particulièrement sur le sulfate neutre d'ortho-oxyquinoléine $(C^9H^7ON)^2SO^4H^2$, connu sous le nom de cryptonol.

Ce produit est un anticryptogamique puissant : apporté à la dose de 1/100000ᵉ et même à des doses plus faibles dans des cultures de *Rosellinia* (*R. aquila*, *R. necatrix*), de *Fusarium* (*F. Dianthi*), de *Tilletia*, etc., il enraye tout développement de champignon et l'un de nous a préconisé son emploi pour lutter contre *Cercosporella herpotrichicides* Fron [6].

La présente Note a pour but de montrer que, à ces mêmes doses, le produit se comporte de manière différente vis-à-vis du complexe microbiologique contenu dans la terre végétale et tout particulièrement vis-à-vis des azotobacters du sol.

Nous avons cherché à l'aide de la méthode Winogradski dite des plaques de terre moulée [7] comment se comportent les azotobacters contenus dans une terre lorsque celle-ci est additionnée d'une proportion déterminée de sulfate neutre d'*o*-oxyquinoléine.

(¹) H. Douvillé, *C. R. S. Soc. Géol. Fr.*, 4ᵉ série, **20**, 1920, p. 14-16.
(²) L. Doncieux, *loc. cit.*
(³) J. Lacoste, *Service des Mines du Maroc*, **1**, 1934, p. 335 et suiv.
(⁴) J. Cuvillier, *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 762.
(⁵) Séance du 28 janvier 1935.
(⁶) G. Fron, *C. R. Académie d'Agriculture*, **20**, 1934, p. 664-650.
(⁷) S. Winogradsky, *B. de l'Inst. Pasteur*, **39**, 1925, p. 229-355 et suiv.

Un échantillon de bonne terre végétale est divisé, après tamisage, en plusieurs lots dont l'un est réservé comme témoin, les autres étant additionnés de sulfate neutre d'*o*-oxyquinoléine en proportion telle que, en volume de terre, l'on ait des concentrations de produit variant du 1/1000[e] au 1/100000[e]. Sur chaque lot ainsi préparé on effectue le comptage des colonies d'azotobacters.

	Témoin.	1/1000[e].	1/10 000[e].	1/50 000[e].	1/100 000[e].
Nombre de colonies.......	20	12	80	56	38

Sans chercher pour le moment l'explication de ce premier résultat, nous nous sommes attachés à préciser la concentration en sulfate la plus favorable à la prolifération des azotobacters et, dans ce but, nous avons répété l'opération précédente sur des échantillons de terre végétale d'origines diverses en faisant varier les doses de sulfate neutre d'*o*-oxyquinoléine. Nous avons alors constaté que, quelle que soit la terre envisagée et, par suite, quel que soit le nombre de colonies d'azotobacters développées dans les terres témoins, une concentration déterminée en sulfate amène des modifications de même ordre dans le nombre des colonies par rapport au témoin. Ce que nous traduisons dans le tableau qui suit par les colonnes R où se trouvent exprimés les rapports entre le nombre des colonies obtenues pour une concentration donnée de ce sulfate et le nombre de colonies du témoin correspondant.

	Terre A.		Terre B.		Terre C.		Terre D.	
	Colonies.	R.	Colonies.	R.	Colonies.	R.	Colonies.	R.
Témoins	18	–	20	–	74	–	11	–
Sulf. n. *o*-oxyq. 1/1000....	12	–0,5	12	–0,6	–	–	–	–
» 1/6000....	–	–	–	–	180	+ 2,4	–	
» 1/8000....	–	–	–	–	262	+ 3,5	–	
» 1/10000...	83	+4,5	80	+4	315	+ 4,2	49	+ 4,
» 1/20000...	–	–	–	–	940	+12	141	+12
» 1/50000...	–	–	56	+2,8	–	–	22	+ 2
» 1/100000..	40	+2,2	38	+1,9	–	–	–	–

Ces chiffres nous permettent de tracer la courbe ci-contre.

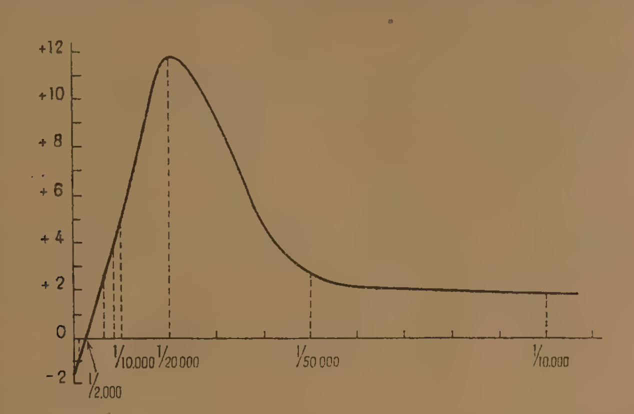
D'où 1° : pour toute concentration inférieure au 1/2000[e] il y a augmentation du nombre des colonies d'azotobacters par rapport au témoin ; autour du 1/20000[e] le maximum de développement des azotobacters est obtenu ;

2° toute concentration égale au 1/2000[e] ne modifie pas sensiblement le développement des azotobacters;

3° toute concentration supérieure au 1/2000[e] réduit ce développement.

Or Winogradski a établi que « l'activité des azotobacters est liée à la fertilité de la terre qui les héberge », que « la méthode de culture spontanée des azotobacters par plaques moulées peut fournir des indications sur la qualité de la terre intéressant la culture générale ».

L'apport de sulfate neutre d'*o*-oxyquinoléine en proportion telle que le développement des azotobacters ne se trouve pas modifié ou se trouve augmenté, ne modifie donc pas ou accroît la fertilité de la terre, alors que ces



mêmes proportions sont, comme nous l'avons établi au début de cette Note, essentiellement toxiques pour les champignons.

Lors de nos essais avec plaques de terre moulées, nous avons d'ailleurs constaté en fin d'expérience que les plaques ayant reçu du sulfate étaient indemnes de toute moisissure, alors qu'il y en avait d'abondantes sur les terres témoins; et, d'autre part, sur des blés semés en octobre dernier, nous observons dès maintenant une végétation plus accentuée sur certaines parcelles qui ont été traitées au sulfate neutre d'*o*-oxyquinoléine que sur les parcelles témoins.

Nous sommes donc autorisés à conclure de ces premiers travaux que le sulfate neutre d'ortho-oxyquinoléine apporté en proportion convenable dans le sol entrave l'évolution des champignons susceptibles de s'y trouver et ne nuit pas à la fertilité de ce sol, étant même capable d'activer la prolifération des azotobacters contenus.

OPTIQUE APPLIQUÉE. — *Inconvénient du didyme dans les verres de lunettes.* Note de M. **Aron Polack**, présentée par M. Ch. Fabry.

On incorpore depuis quelque temps dans les verres de lunettes un sous-produit de l'extraction du thorium, livré dans le commerce sous le nom de didyme et contenant un mélange de néodyme, de praséodyme et de cérium. Cette pratique ne paraît guère justifiée, comme nous allons le voir, en examinant le mécanisme de la vision distincte.

On sait depuis Newton que notre œil est loin d'être achromatique. Les auteurs évaluent à $0^{mm},5$ ou $0^{mm},6$ la distance entre les foyers rouge et violet. Comment avec une telle dispersion focale la vision nette est-elle possible ? Newton nous donne une réponse juste et simple; elle se résume dans les trois propositions suivantes : les radiations jaunes frappent plus les sens de la vision que tout le reste du spectre pris dans son ensemble. La mise au point de l'image rétinienne se fait sur ces radiations, les plus lumineuses du spectre. Le cercle de dispersion n'est pas éclairé uniformément, mais la lumière y est fortement collectée au centre et décroît rapidement en allant vers la périphérie.

La question etait donc résolue, lorsqu'un siècle plus tard, d'Alembert y revient avec une hypothèse absolument gratuite qui cependant fait fortune et détrône les idées justes de Newton. D'après cette hypothèse, la mise au point de l'image rétinienne s'opère sur le cercle de diffusion commun aux radiations rouges et violettes, à l'endroit où le faisceau lumineux intra-oculaire est le plus étroit. Cette manière de voir est en contradiction manifeste avec les faits et n'explique nullement la netteté de la vision, le diamètre du cercle de diffusion rouge-violet étant beaucoup trop considérable pour permettre la définition de $1'$.

Il est donc grand temps d'abandonner définitivement l'hypothèse indéfendable de d'Alembert et de revenir à la conception saine de Newton. Celle-ci nous explique que l'image rétinienne, mise au point sur les radiations jaunes, reste nette malgré le chromatisme très accusé de l'œil, parce que, dans cette mise au point, la lumière est fortement collectée au centre de la tache de dispersion et décroît rapidement vers la périphérie.

Helmholtz montre suivant quelle loi se fait cette décroissance de l'éclat lumineux. Il établit par intégration une formule générale qui permet de calculer l'intensité totale en un point quelconque de la tache de dispersion;

mais il suppose que les radiations de mise au point se réunissent en un point géométrique. Pour cette raison, sa formule, qui fournit pour les bords des résultats corrects, donne pour l'éclat du centre une valeur infinie.

Afin d'éviter cette cause d'erreur, nous avons admis avec M. Florian que le plus petit diamètre possible de l'image rétinienne ne peut être inférieur à celui de la tache de diffraction. Nous avons donc remplacé le point géométrique par cette petite valeur et tracé notre première courbe, sur les données de l'œil réduit, d'après la formule de Helmholtz. Mais celle-ci présente en outre l'inconvénient de ne pas permettre d'introduire dans le calcul les coefficients physiologiques, indiquant la sensibilité relative de la rétine pour les diverses radiations du spectre. Pour surmonter cette difficulté, nous avons dû considérer non pas une somme d'éléments en nombre infini, mais une quantité limitée de cercles de dispersion convenablement choisis. Il devenait alors facile d'indiquer pour chaque radiation le coefficient d'éclat correspondant.

Comme il est difficile de préciser l'erreur ainsi commise, nous avons d'abord dressé une courbe, en supposant avec Helmholtz que toutes les radiations ont le même éclat intrinsèque et nous l'avons comparée à celle fournie par sa formule. La concordance fut telle que nous pouvons considérer les courbes établies par points avec un nombre limité de radiations comme exprimant le phénomène avec une précision très satisfaisante. Ceci étant, nous avons dressé une nouvelle courbe, en introduisant, d'après les données de Vierordt, les coefficients de sensibilité rétinienne pour les diverses radiations du spectre. Comme il fallait s'y attendre, l'intensité décroît plus rapidement dans cette dernière courbe que dans les précédentes. Ceci montre l'avantage de la mise au point de l'image, suivant les idées de Newton, sur les radiations jaunes, les plus lumineuses du spectre.

Or les verres au didyme absorbent précisément ces radiations jaunes; ils modifient donc défavorablement les conditions de la vision distincte et pour cette raison ne peuvent être employés comme verres de lunettes. Le fait que, par leur teneur en cérium, ils absorbent également les rayons ultraviolets ne saurait justifier un tel emploi, car, si l'affaiblissement du jaune est un inconvénient évident, l'utilité d'éliminer l'ultraviolet, dans les circonstances habituelles de la vision, n'est rien moins que démontrée.

Tout le monde sait que le verre ordinaire absorbe déjà passablement les rayons ultraviolets, cependant nous ne sommes pas plus incommodés à l'œil nu qu'avec des lunettes aux lumières du jour et des sources d'éclairage usuelles. On sait aussi que l'œil jeune est plus perméable aux rayons ultra-

violets, mais pourrait-on prétendre que les jeunes souffrent davantage à la lumière que les personnes âgées ? L'ultraviolet, dans les conditions normales de la vision, n'est donc qu'un mal imaginaire; le combattre par les verres au didyme, c'est lui substituer délibérément un désavantage réel.

Dans certains cas spéciaux, lorsqu'il s'agit de protéger les yeux contre des sources intenses d'ultraviolet, des verres au cérium, débarrassé du néodyme et du praséodyme, seraient d'une utilité incontestable.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur la mesure de l'acuité visuelle au moyen de franges d'interférence.* Note de M. **Yves Le Grand**, présentée par M. Charles Fabry.

On mesure souvent l'acuité visuelle au moyen de traits noirs parallèles sur fond blanc; l'acuité se définit par l'angle θ sous lequel on voit la distance de deux traits consécutifs lorsque les stries de la mire sont juste perceptibles. Dans une telle méthode, les irrégularités dioptriques du système visuel et la diffraction de la lumière peuvent intervenir tout autant que la structure discontinue de la rétine.

Au contraire les franges d'interférence permettent de mesurer isolément le pouvoir séparateur de la rétine : si l'on regarde une source éloignée et quasi ponctuelle en plaçant contre la cornée un écran percé de deux petits trous de rayon r, écartés de d, la tache de diffraction commune apparaît striée de franges (Young); avec une vis micrométrique on augmente d jusqu'à disparition des franges, l'acuité sera $\theta = \lambda : d$, où λ désigne la longueur d'onde dans l'air de la lumière utilisée. Les pinceaux lumineux étant très déliés, on n'a plus à tenir compte des irrégularités de l'œil. Quant à l'éclairement du système de franges, on le calcule aisément : soit e l'éclairement sur l'écran placé contre la cornée; la frange brillante centrale correspond à un éclairement de la rétine : $E = 4e[(\pi r^2)/(\lambda f)]^2$, où f désigne la distance du deuxième point nodal à la rétine ($f = 16^{mm},5$).

Il est intéressant de comparer les résultats ainsi obtenus aux déterminations usuelles de l'acuité; pour se placer dans des conditions analogues, on choisira comme trame un autre système de franges d'interférence, par exemple celui que donne un compensateur de Babinet entre nicols. Le champ sera pris du même ordre de grandeur qu'on avait pour la tache de diffraction (une trentaine de minutes dans nos expériences, où $r = 0^{mm},06$).

Enfin l'éclairement E' de la rétine pour les franges brillantes devra être voisin de l'éclairement E précédemment défini; en désignant par B la brillance moyenne du champ d'observation et par S la surface de la pupille d'entrée (trou de 3^{mm} de diamètre placé contre la cornée), cet éclairement E' a pour expression : $E' = 2\,BS/f^2$.

Résultats. — Soit donc θ le pouvoir séparateur de la rétine mesuré au moyen des franges d'Young, la frange centrale produisant un éclairement E sur la rétine; soit d'autre part θ' l'acuité de l'ensemble de l'œil, mesurée au moyen des franges de Babinet, l'éclairement analogue étant E'. L'emploi de la lumière verte du mercure et celui de la lumière blanche sont sensiblement équivalents.

1° Pour les valeurs élevées de E et E', les deux espèces de franges donnent des résultats voisins : par exemple avec $e = 8$ lux et $B = 0,1$ bougie par centimètre carré, c'est-à-dire pour $E = E' = 50$ lux environ, un sujet trouve $\theta = 75''$ et $\theta' = 78''$.

2° Si l'éclairement baisse, θ' augmente beaucoup plus vite que θ; par exemple, pour $E = E' = 0,01$ lux, on trouve $\theta = 87''$ et $\theta' = 120''$.

3° On observe un écart analogue entre les deux méthodes si c'est le contraste des franges qui diminue au lieu de l'éclairement. Ce contraste se règle par l'orientation des nicols, ou (pour les franges d'Young) en plaçant devant un des petits trous un secteur tournant n'éclairant ce trou que pendant une fraction donnée de chaque tour.

Conclusions. — Pour les éclairements et contrastes élevés, l'acuité visuelle se confond avec le pouvoir séparateur de la rétine, qui est de l'ordre de la minute. Aux éclairements ou contrastes faibles, les imperfections de l'œil provoquent une baisse de l'acuité visuelle plus rapide que celle du pouvoir séparateur de la rétine. La finesse de la vision serait donc limitée par la structure de la rétine lorsqu'on regarde des objets fortement éclairés et bien contrastés, et par l'optique de l'œil dans les autres cas.

BIOLOGIE. — *Sur le passage à la vie latente des larves de Gordiacés.* Note (¹) de M. A. **Dorier**.

J'ai décrit (²) le passage à la vie latente des larves de *Gordius aquaticus* Duj. Dans cette espèce, chaque larve s'enkyste au sein d'une gouttelette de mucus qui, au contact de l'eau, durcit et se contracte progressivement. A l'abri de la paroi kystique ainsi formée, les larves de *G. aquaticus* conservent leur vitalité pendant plusieurs mois soit dans l'eau, soit à l'air humide. Elles peuvent reprendre ensuite une vie active, après rupture du kyste, sous l'action du suc digestif de divers animaux (Insectes, Myriapodes, Crustacés, Poissons, etc.) ou plus simplement sous l'action du liquide physiologique qui fournit un facile et excellent moyen de contrôle.

En étudiant des larves de Gordiacés appartenant au genre *Parachordodes*, j'ai constaté que la plupart des larves de *P. violaceus* (Baird) et de *P. gemmatus* (Villot) entrent aussi en vie latente dans l'eau pendant les heures qui suivent l'éclosion, après avoir rejeté deux longs filaments hyalins, en général spiralés. De nombreuses observations pratiquées sur des larves de *P. gemmatus* m'ont permis de suivre les phases du phénomène qui se déroule ainsi : Une larve active se présente en extension, avec ses couronnes de spicules déployées lorsque, soudain, et sans qu'aucun signe particulier ne le laisse prévoir, elle lance par un petit orifice situé ventralement vers l'extrémité postérieure du corps, un double jet de liquide visqueux qui se coagule instantanément au contact de l'eau et forme deux filaments ondulés, réfringents, de longueur variable, mais dépassant celle du sujet et mesurant un peu moins de 1 μ de largeur (³). Quand la sécrétion est terminée la larve reste immobile pendant quelques secondes; on assiste à la rétraction des spicules, puis, le corps de l'animal se contracte légèrement, s'incurve et le postseptum vient s'appliquer contre le préseptum. Le phénomène, qui n'a duré que 2 à 3 minutes, s'achève par l'immobilisation définitive du sujet.

En traitant des larves de *P. gemmatus* par le bleu de toluidine acétique

(¹) Séance du 28 janvier 1935.

(²) *Comptes rendus*, **181**, 1925, p, 1098.

(³) Parfois un seul filament est secrété par la larve.

on provoque assez régulièrement l'expulsion des filaments qui prennent aussitôt une coloration bleu-violacée; on constate, en outre, que la sécrétion qui leur a donné naissance provient d'un organe qui occupe la plus grande partie du postseptum et que l'on considérait jusqu'ici comme un sac intestinal. Cet organe renferme, chez les larves actives deux inclusions réfringentes superposées, colorables *in vivo* par le bleu de toluidine ou le rouge neutre. Lorsque la sécrétion du filament s'effectue, on voit ces deux masses diminuer progressivement de volume puis disparaître.

Pendant les premiers jours de vie latente les larves de *P. gemmatus* sont le siège de transformations intimes certaines, quoique morphologiquement inapparentes, mais qui peuvent cependant être révélées par l'expérience suivante : Si l'on soumet des larves en vie latente depuis quelques heures seulement, à l'action de l'eau physiologique, elles subissent passivement une forte rétraction d'origine osmotique, mais ne présentent aucun mouvement propre. Si l'on renouvelle la même opération sur des larves en vie latente depuis 2 jours ou même davantage, en moins de 5 minutes la majorité des larves ont repris la vie active et se déplacent dans la préparation. Une même action produit donc des effets entièrement différents, suivant qu'elle s'exerce au début ou après un certain temps de vie latente.

Il était intéressant de chercher à connaître l'origine du mucus utilisé pour l'enkystement de la larve *G. aquaticus* afin d'établir une comparaison avec le résultat des observations faites sur *P. gemmatus*. En traitant des larves fraîchement écloses de *G. aquaticus* par le bleu de toluidine acétique on remarque d'abord que la partie inférieure du contenu du pseudo sac intestinal, qui sur le vivant paraît plus réfringente, se colore fortement sous l'action du réactif. Puis, sans que les larves cessent de se mouvoir, on voit cette substance s'écouler lentement à l'extérieur et former tantôt une petite masse irrégulière appendue au postseptum, tantôt s'étirer en un long filament de forme et d'épaisseur fort variables. Les larves ayant, sous l'action du réactif, une existence écourtée il ne m'a pas été donné d'observer les phases ultérieures de l'enkystement, mais, j'ai pu établir que cette sécrétion présente vis-à-vis des colorants les réactions de la mucine, réactions identiques par conséquent à celles du mucus qui sert à l'enkystement et dont l'origine n'avait jusqu'ici pu être décelée.

Ceci nous amène à conclure :

1° Que le prétendu sac intestinal des larves de Gordiacés est en réalité un appareil sécréteur qui, dans les cas observés jusqu'ici, se vide de son

contenu au moment où l'animal quitte la vie active pour passer en vie latente.

2° Que les différences de comportement présentées par les larves étudiées pourraient fort bien être en relation étroite avec la nature et les propriétés spéciales du produit de sécrétion, qui dans un cas (*G. aquaticus*), durcit lentement sous l'action de l'eau et permet l'enkystement de la larve alors que dans d'autres cas (*P. gemmatus*, *P. violaceus*) il se coagule instantanément au contact de l'eau et prend la forme de longs filaments, paraissant avoir pour effet de retenir l'animal au substratum.

BIOGÉOGRAPHIE. — *La ligne de démarcation entre faunes Berbère et Saharienne, en Afrique du Nord. Son déterminisme écologique.* Note de M. **Henri Heim de Balsac**, présentée par M. Caullery.

La Biogéographie ne peut se borner à la recherche de la répartition topographique des organismes; elle doit tendre à dégager les facteurs anciens, paléogéographiques, et actuels, écologiques, déterminant cette répartition.

Nous inspirant de ces principes, nous nous sommes efforcé, au cours de nombreux voyages en Afrique du Nord, de rechercher s'il existe une ligne de démarcation nette entre les faunes avienne et mammalienne de deux régions différentes : la Berbérie d'une part, le Sahara d'autre part.

Berbérie et Sahara constituent deux domaines très nettement séparés par des accidents géographiques. Du golfe des Syrtes au rivage Atlantique, se succèdent une série continue de reliefs, que l'on peut désigner par les termes généraux d'Atlas présaharien. C'est au pied méridional de cette ligne montagneuse que commence, géographiquement, le Sahara. Mais ces reliefs ne constituent pas, à beaucoup près, un obstacle à la pénétration réciproque des faunes. Et, effectivement, la répartition des organismes ne coïncide pas avec la limite géographique du Sahara.

En ce qui concerne les Oiseaux, êtres essentiellement mobiles et qui peuvent se répartir exactement en fonction des facteurs écologiques optima, il est possible de dresser une ligne de démarcation d'une étonnante précision, entre les faunes berbère et saharienne.

Les oiseaux particuliers au Sahara nord-africain (exception faite des formes ubiquistes qui s'avancent dans le désert, ou peuplent les oasis) sont représentés par les espèces

suivantes : *Bucanetes githaginea*, *Passer simplex*, *Rhamphocorys Clot-Bey*; *Ammomanes deserti*, *Am. cinctura*, *Alæmon alaudipes*, *Eremophila bilopha*, *Sylvia nana*, *Scotocerca inquieta*, *Turdoïdes fulvus*, *Œnanthe leucopyga*, *Œ. lugens*, *Caprimulgus ægyptius*, *Merops persicus*, *Pterocles senegallus*, *Pt. coronatus*, *Cursorius cursor*, *Chlamydotis undulata*.

La distribution de ces dix-huit espèces, dans la zone de contact saharo-berbère, montre que l'aire de répartition de ces formes s'arrête (sauf en ce qui concerne *Bucanetes* et *Ammomanes deserti*), d'une façon extrêmement brusque et précise, suivant une ligne jalonnée, depuis les Syrtes jusqu'au Maroc, par les points suivants : Mahares, Chott en Nouail, revers du Dj. Orbata. Au voisinage de Gafsa, le tracé se redresse vers le Nord jusqu'au Dj. Sidi Aïch, puis il s'infléchit vers l'Ouest, pour passer au nord d'Aïn Moulares et au pied du Dj. Onk. De là, il longe le pied des Nemencha et de l'Aurès, pour aboutir à El-Outaya, un peu au nord de Biskra (ici se place une lacune dans nos connaissances, l'avifaune de la dépression Hodna n'ayant jamais fait l'objet de recherches). Dans les Monts des Ouled Naïl, la ligne de démarcation suit exactement les crêtes qui départagent en deux versants l'Atlas saharien. Elle apparaît d'une netteté saisissante à Aïn-El-Ibel, où l'on voit s'effectuer, en moins de 10^{km}, le changement brusque de la faune. (La zone du Dj. Amour constitue, elle aussi, une lacune dans nos connaissances). Dans les Monts des Ksours, le tracé de notre ligne abandonne l'Altas saharien pour se porter plus au Nord et cheminer à travers les Hauts-Plateaux orano-marocains. Elle passe par Mecheria et rejoint la vallée de la Moulouya, sous le parallèle de Midelt [1].

La limite de répartition de l'avifaune saharienne, telle que nous venons de la définir, demande à être interprétée : cheminant entre des reliefs assez espacés en Tunisie, longeant le pied des Nemencha et de l'Aurès, départageant les deux versants de l'Atlas saharien dans les Ouled Naïl, elle traverse, dans sa portion occidentale, les steppes des Hauts-Plateaux. Elle ne coïncide donc nullement avec la limite géographique du Sahara. Elle ne correspond pas davantage à une ligne de démarcation entre les associations végétales sahariennes et berbères.

Par contre, si l'on confronte notre tracé avec les différentes cartes climatiques de la région [2], on remarque une coïncidence à peu près parfaite de celui-ci avec les limites de la zone où il tombe une moyenne annuelle de 100 à 200^{mm} de pluie. On peut dire que l'isohyète 200 constitue un seuil que les oiseaux sahariens ne franchissent pas. En deux points seulement, on observe une légère discordance entre notre tracé et l'isohyète 200, mais la

---

(1) L'avifaune du Tafilalet et du Sahara marocain étant pratiquement inconnue, il n'est pas possible d'établir une ligne de démarcation au delà du Maroc oriental.

(2) A. Bernard et R. de Flotte de Roquevaire, *Atlas d'Algérie et de Tunisie*, fasc. III (Climatologie), Gouvernement général de l'Algérie, 1928.

constatation de ce fait, loin d'infirmer le caractère déterminant du facteur écologique, aridité, le confirme au contraire : dans le Sud-Oranais, l'avifaune saharienne déborde sur une zone où tombe une tranche d'eau de 200^{mm}. Précisément, en ce point, l'évaporation est plus forte qu'ailleurs, en raison de l'altitude (1000^{m}). Inversement, dans le Sud-Tunisien, l'avifaune reste légèrement en deça de l'isohyète 200. C'est qu'ici existent des précipitations occultes, qui équivalent à plusieurs millimètres de pluie. On aurait pu penser que la répartition de la faune saharienne correspondrait à certains des *indices d'aridité* de de Martonne. Mais notre tracé ne coïncide que très approximativement avec l'indice de 90-95 pour 100, surtout en Tunisie. C'est que ces indices sont établis en tenant simplement compte de la pluviosité, de la température, l'évaporation n'étant évaluée qu'en fonction de la seule température. En fait, la répartition de l'avifaune suit, avec une précision très satisfaisante, l'isohyète 200, qui est établie en fonction de la seule pluviosité, et l'on peut en déduire que ce facteur physique joue, presque à lui seul, un rôle déterminant.

Étant donné que les auteurs (naturalistes et géographes) n'ont pas déterminé jusqu'ici un seuil pluviométrique précis, à partir duquel le milieu doive être considéré comme désertique, nous proposons, en ce qui concerne du moins l'Algéro-Tunisie, d'adopter comme limite l'isohyète 200, qui correspond à la fois à un facteur physique et à une limite faunique, aussi précis l'un que l'autre.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Études sur les effets biologiques des ultra-pressions. Modification de la spécificité antigénique des sérums sous l'influence des pressions très élevées.* Note [1] de MM. **James Basset**, **Michel Machebœuf** et **Jean-Jacques Perez**, présentée par M. G. Bertrand.

Deux d'entre nous [2] ont rapporté les effets très particuliers des ultrapressions sur les bactéries, les virus invisibles, les toxines et les diastases.

---

(1) Séance du 28 janvier 1935.

(2) J. Basset et M. Machebœuf, *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 1431; *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 67; J. Basset, M. Machebœuf, E. Wollman et M. Bardach, *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1138; J. Basset, M. Lisbonne et M. Machebœuf, *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1540; M. Machebœuf, J. Basset et Mme G. Lévy, *Annales de Physiologie et Physicochimie biologique*, **9**, 1933, p. 713 à 722.

Nous avons tenté d'obtenir des vaccins en atténuant ou en inactivant des bactéries et des toxines par pression ; nos essais ont été infructueux, car les germes et les toxines que nous avons étudiés perdent tout pouvoir immunisant lorsque leur virulence ou leur toxicité a été détruite par l'effet de pressions élevées.

Cette disparition de la spécificité antigénique d'immunisation nous a d'autant plus surpris que nous n'avions pas pu déceler de modification chimique des fonctions polaires acides et basiques des protéides soumis aux ultra-pressions [1] et que les seules modifications semblaient être de simples transformations de l'arrangement spatial des chaînons constitutifs des molécules protéidiques.

Nous avons étendu l'étude biologique de ce phénomène en recherchant les modifications de la spécificité anaphylactisante des sérums sous l'influence des ultra-pressions et nous avons constaté à ce sujet une série de faits :

1° Si l'on sensibilise des cobayes par injection intrapéritonéale ou intraveineuse [2] de sérum de cheval, on constate que ces animaux sont insensibles à une injection déchaînante de sérum de cheval soumis pendant 30 minutes à une pression supérieure à 4500^{atm}. Les témoins, cependant, meurent en quelques instants si on leur injecte du même sérum non soumis à la pression ou soumis seulement à une pression inférieure à 4000^{atm}.

2° Si l'on sensibilise des cobayes avec du sérum de cheval pressé à plus de 4500^{atm}, ces animaux sont insensibles à une injection intraveineuse déchaînante de sérum de cheval non pressé ou pressé à moins de 4000^{atm}. Ces animaux sont cependant tués en quelques instants si on leur injecte du sérum pressé à plus de 4000^{atm}.

On peut conclure de ces faits que la spécificité anaphylactisante du sérum est complètement détruite par une pression suffisante ($> 4000^{atm}$) *et que le sérum ainsi traité a acquis une nouvelle spécificité.*

3° Si le sérum est soumis à des pressions inférieures à 4000^{atm}, il garde la spécificité du sérum non pressé (sensibilisation et déclenchement) et il n'acquiert pas la spécificité du sérum pressé.

4° Si le sérum est pressé à plus de 4000 et moins 5000^{atm} (pendant 30 minutes) il sensibilise et déclenche, à la fois vis-à-vis du sérum non

(1) J. Basset, M. Macheboeuf et G. Sandor, *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 796.

(2) Dans la veine saphène préalablement dénudée par incision cutanée.

pressé et du sérum fortement pressé (> 5000^{atm}). Une partie seulement des antigènes a donc subi la modification.

5° Si l'on presse le sérum à 6000 ou même 8000^{atm}, la spécificité reste la même que pour 5000^{atm}, il n'apparaît donc pas une nouvelle modification de spécificité pour ces pressions plus élevées.

Conclusions. — La spécificité anaphylactisante comme la spécificité immunisante peut être modifiée par des pressions suffisantes et comme l'action des pressions ne modifie pas d'une façon décelable les groupements polaires acides et basiques des protéides, il semble probable que la spécificité dépende d'autre chose que de ces groupements polaires; nous pensons qu'elle peut dépendre de l'arrangement spatial des chaînons constitutifs des molécules protéidiques ou des complexes divers qui entrent dans la constitution du sérum.

BACTÉRIOLOGIE. — *Étude photométrique de la multiplication microbienne.* Note (¹) de M. **Michel Faguet**, présentée par M. Charles Richet.

Pour apprécier la multiplication microbienne, nous avons mesuré l'augmentation du pouvoir diffusant d'une culture, lors de son développement (²).

Cette mesure du pouvoir diffusant semble devoir donner des indications assez précises sur la quantité de microbes en suspension dans une culture.

Appareillage et système de mesures. — Ils comportent une source lumineuse A : un objectif de condensateur O, donnant un faisceau de rayons parallèles sur le filtre E; un autre objectif L, formant l'image de la source au centre du tube contenant la culture en T. La cellule photoélectrique de mesure se place, en C, de façon à recevoir le flux diffusé dans les directions voisines de 90°. Elle est reliée à un galvanomètre enregistreur.

La source lumineuse est maintenue constante durant toute la durée de l'enregistrement.

L'objectif condensateur utilise un large faisceau du flux émis par la source (son ouverture est de F/1,5) doublé par un miroir sphérique réflecteur.

Le filtre de bande est constitué par le classique écran de gélatine colorée, monté sur verre. Sa longueur d'onde moyenne est $\lambda = 0^{\mu},680$, sa largeur $\delta\lambda = 0^{\mu},075$.

Le second objectif (simple lentille ouverte à F/2) donne de la source une image pratiquement monochromatique sur l'axe du tube à essais en T. Les rayons lumineux

---

(¹) Séance du 21 janvier 1935.

(²) Michel Faguet, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1077 et 1763.

arrivent à peu près normalement sur les parois du tube; les pertes et les réflexions sont réduites au minimum.

Les tubes utilisés sont des tubes à culture ordinaires de 23^{mm}.

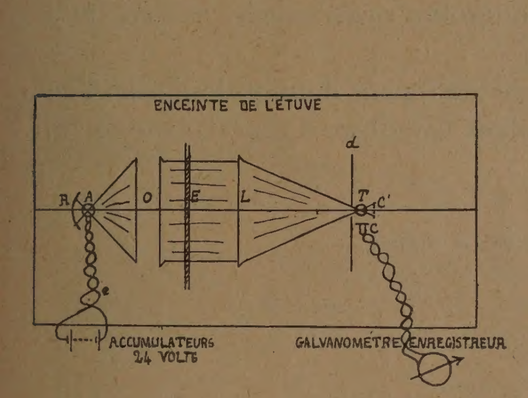
L'ensemble de l'appareil, sauf les accumulateurs et le galvanomètre, est placé dans l'enceinte d'une étuve électrique, dont la marche peut être réglée, à volonté, dans des limites assez étendues. Pour ce réglage il faut que la source A soit en route.

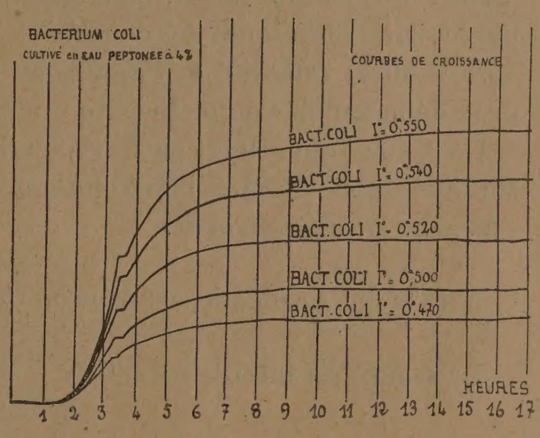
Cette étude, portée généralement à d'assez faibles températures (35 à 40°) d'une masse calorifique importante, est munie d'un thermomètre enregistreur.

La couleur du flux lumineux employé a été fixée dans le rouge, parce que, dans le spectre visible, la source employée et la méthode décrite, cette coloration donne le maximum de diffusion.

Étalonnage de l'instrument. — L'enregistrement du spot lumineux du galvanomètre s'opère sur un papier photographique, se déroulant sous l'action d'un mouvement d'horlogerie.

Pour la mesure des temps, une fente lumineuse s'éclaire toutes les





heures, et sa trace sur le papier est une droite parallèle au sens d'élongation du galvanomètre.

Pour chiffrer la valeur du flux diffusé, on opère de la façon suivante.

Dans le tube T, un milieu trouble stable t donne une élongation l. Plaçons la cellule en C', sur le faisceau direct, et ramenons, par un coin photométrique, le galvanomètre à cette même lecture l :

Si D est la *densité optique* du coin, on a

$$D = \log_{10} \frac{(\text{flux incident sur le tube})}{(\text{flux diffusé sur la cellule})}.$$

Si D = 2, la culture diffuse, dans la direction de la cellule, la 100e partie de l'énergie qu'elle reçoit (sauf réflexion et absorption négligées);

Si $D = 3$, la 1000e partie de l'énergie qu'elle reçoit.

On obtient ainsi une graduation logarithmique.

Examen des courbes obtenues. — Voyons d'abord les limites de l'enregistrement : Pour les temps, ils dépendent du mouvement d'horlogerie (durée 13 ou 26 heures), et le seuil de sensibilité de l'ensemble cellule-galvanomètre détermine. pratiquement, le zéro de l'appareil.

Le maximum des courbes peut être causé par :

1° Arrêt du développement du microbe;

2° Dépôt continu de celui-ci.

3° Parce que la solution est trop opaque.

La méthode décrite présente un intérêt certain, parce qu'à chaque souche microbienne donnée, correspondent un développement et un graphique différent et caractéristique.

Il faut noter que l'utilisation d'intensités lumineuses différentes, dans des limites assez larges, ne fait qu'augmenter l'élongation du spot, et ne change pas les caractéristiques des courbes.

Suivant la quantité et l'espèce de microbes ensemencés, le spot lumineux démarre plus ou moins vite.

Ce retard (qui atteint parfois 2 ou 3 heures) peut donner des indications sur le nombre de microbes contenus dans la culture d'espèce connue, qui sert à cet ensemencement.

A 15h20m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h10m.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 14 janvier 1935.)

Note de M. *Pierre Chevenard*, Micromachine à enregistrement photographique pour l'essai mécanique des métaux :

Page 212, note (2), *au lieu de* Séance du 10 janvier 1935, *lire* Séance du 10 décembre 1934.